Colección Ciencias y Humanidades

Biología

Enfoque integral de la vida

TOMO

I

Lumbreras Editores

A todo el público en general:

El Proyecto Modo Scan+100, nace de una idea del **Team Calapenshko**, el cual es difundir todo aquel texto inédito que no esté circulando en la red.

Nuestro Grupo Calapenshko hace el mejor esfuerzo para digitalizar este libro, y así usted estimado lector pueda obtener la mejor experiencia que toda persona desea al abrir un libro.

Este proyecto llega gracias a las **donaciones que se pudo obtener de 100 personas** comprometidas con el proyecto **MODO SCAN+100**.

Este libro no debe ser prostituito monetariamente, este libro no debe ser coleccionado, este libro debe ser destruido analíticamente, así que te invito a leerlo.

No pagues por este libro de **circulación gratuita**, búscalo en la red.

Atentamente, el **GRUPO CALAPENSHKO**

18 de agosto del 2020

Libro: Biología: enfoque integral de la vida. Tomo I

Páginas anexadas: 905
Páginas en bruto: 880
Peso bruto: 286 megas
Replica: Si
Calificación: 8/10
Autor: Editorial Lumbreras
ISBN: 978-612-307-929-1
Tiempo SCAN: **5 horas 21 minutos**
Edición SCAN: **2 horas 16 minutos**
Tiempo Total SCAN: **7 horas 37 minutos**

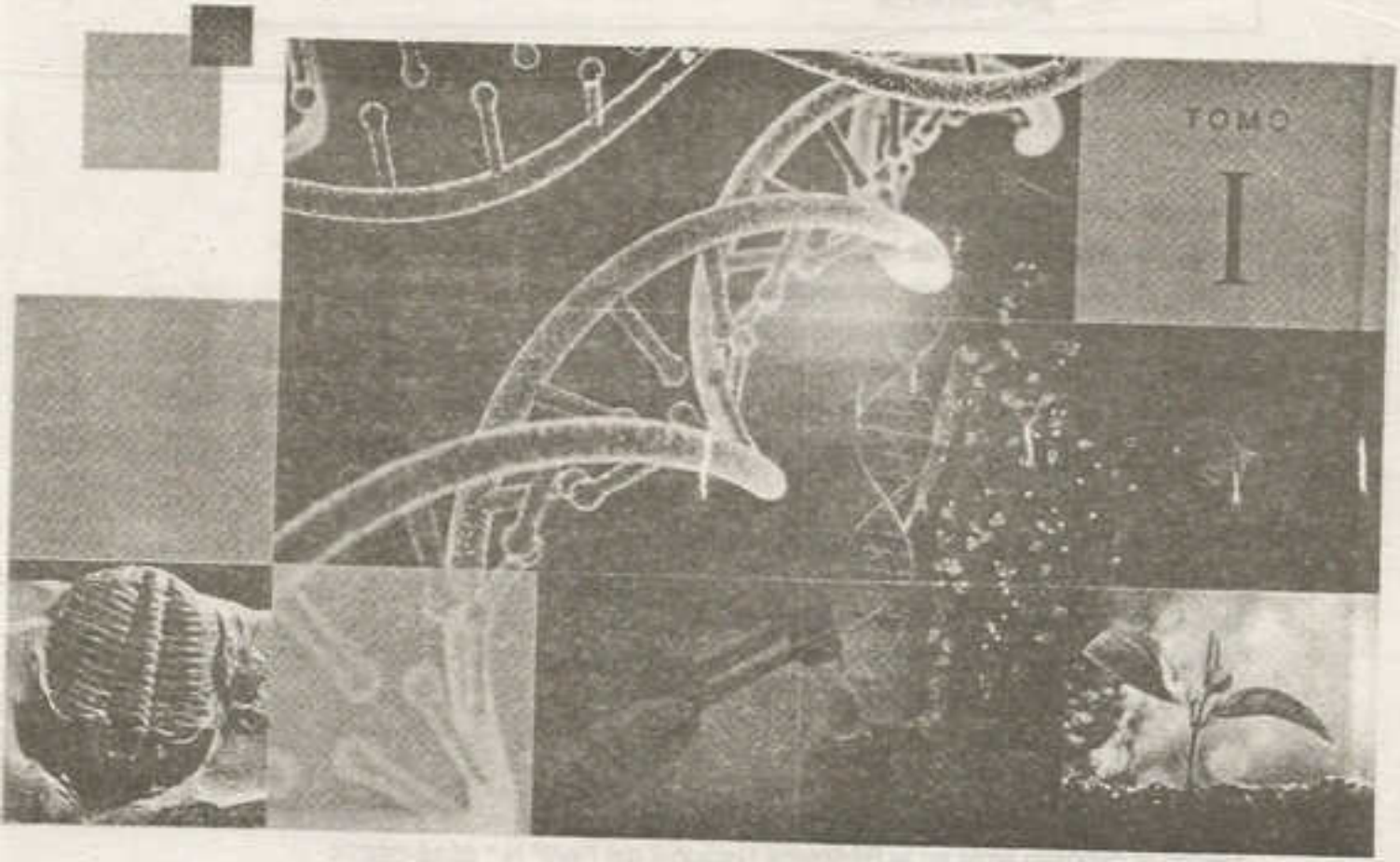
CALA
PNHO
SKO

twitter.com/calapenshko

Asociación Fondo de Investigadores y Editores

Biología

Enfoque integral de la vida



twitter.com/calapenshko

Lumbreras Editores

Índice

BIOLOGÍA COMO CIENCIA

RESEÑA HISTÓRICA (LA CIENCIA BIOLÓGICA)

Introducción 17
Desarrollo de la biología en la historia 18
El conocimiento de la naturaleza en la comunidad primitiva .. 18
La revolución neolítica 19
Los comienzos de la medicina 20
El conocimiento de la naturaleza durante el esclavismo 21
Formaciones culturales del esclavismo 21
Las ciencias naturales durante el feudalismo 24
El Renacimiento y la ciencia experimental 25
Desarrollo de la microscopía, citología e histología 25
Origen de la taxonomía 26
Los inicios del transformismo 26
La evolución de las ciencias naturales durante el capitalismo 26
El positivismo como doctrina filosófica 26
Desarrollo de la concepción científica materialista 26
La teoría celular 27
La teoría de la continuidad de la vida 27
Las teorías evolucionistas 27
Inicio de la genética y la teoría cromosómica 28
La bioquímica 28
La revolución socialista y su impulso al conocimiento científico 28
Replanteamiento del origen de la vida 29
Genética molecular 29
La teoría sintética de la evolución 30
La clasificación en cinco reinos 30
La biotecnología 30
La biología en el presente 31
Lectura: El microscopio, la historia de ver grande lo que es pequeño 34
Preguntas resueltas 35
Preguntas propuestas 38

SERES VIVOS, OBJETO DE ESTUDIO DE LA BIOLOGÍA

Introducción 41
Objeto de estudio de la biología 42
El método científico y la biología 43
Concepto y etapas 43
Las teorías y leyes en el conocimiento científico 45
Campos de estudio de la biología 46
De acuerdo con las propiedades de la materia estudiada . 46
De acuerdo con el tipo de organismo estudiado 47
De acuerdo con el nivel en el que se estudia la materia viva 48
Ramas relacionadas a la biología 49
Bioquímica 49
Biofísica 49
Biónica 49
Bioética 50
Biogeografía 50
Paleontología 50
Geología 50
Aplicaciones de la biología 51
Agronomía 51
Ganadería 51
Medicina humana 51
Medicina veterinaria 51
Biotecnología moderna 51
La biología y la tecnología 52
Los seres vivos 52
Características de los seres vivos 53
Los seres vivos como organización específica y compleja 54
El carácter dialéctico de la organización de la materia viva 59
La materia viva como sistema complejo 59
Autoconservación en los seres vivos 60
Autoorganización en los seres vivos 60
Intercambio de materia y energía 61
Transformación de materia y energía: el metabolismo 61
Homeostasis 62
Irritabilidad y relación con el ambiente 63
Reproducción y ciclo vital 68
Los seres vivos evolucionan 72
Los seres vivos como sistemas complejos 73
Lectura: ¿Qué es la vida? 74
Preguntas resueltas 75
Preguntas propuestas 78

BIOQUÍMICA

BIOELEMENTOS

Introducción 83
Definición 84
Clasificación 84
Bioelementos primarios 84
Bioelementos secundarios 88
Oligoelementos (elementos traza) 88
Lectura: Anemia en el Perú 94
Preguntas resueltas 95
Preguntas propuestas 98

BIOMOLÉCULAS

Introducción 101
Definición 102
Clasificación 102
Agua 104
Definición 104
Distribución 104
Estructura molecular 104
Naturaleza del agua 105
Propiedades físicas del agua y seres vivos 105
Propiedades químicas del agua y seres vivos 111
Sales minerales 113
Definición 113
Sales y seres vivos 113

Expresión de la información genética 353
Etapas de la expresión génica 354
Expresión de la información genética en procariotas 364
Inhibidores de la expresión de la información genética 365
Alteración de la información genética 366
Lectura: Concepto del gen 368
Preguntas resueltas 369
Preguntas propuestas 372

CICLO CELULAR
Introducción 375
Definición 376
Importancia 376
Eventos importantes 377
Ciclo celular procariótico 377
Ciclo celular eucariótico 379
Interfase 380
División celular 381
Control del ciclo celular 382
Mitosis 384
Fases de la mitosis 384
Citocinesis 386
Modificaciones de la mitosis 387
Meiosis 388
Etapas de la meiosis 389
Gametogénesis 392
Gametogénesis animal 392
Gametogénesis vegetal 394
Lectura: Proteína P53 396
Preguntas resueltas 397
Preguntas propuestas 400

GENÉTICA

CONCEPTOS BÁSICOS DE GENÉTICA
Introducción 405
Definición 406
Breve historia de la genética 406
Aplicación de la genética 408
Conceptos básicos en el estudio de la genética 408
Generación paterna o progenitores (P) 408
La molécula hereditaria: el ADN 409
Gametos 409
Generación filial (F) 409
Cromosoma 411
Gen 411
Genotipo 412
Fenotipo 413
Tipos de herencia 414
Distribución poblacional de los caracteres 415
Lectura: La herencia del color de ojos: ¿a qué se debe su color? 416
Preguntas resueltas 417
Preguntas propuestas 420

HERENCIA MENDELIANA
Introducción 423
Principios y leyes de Mendel 424
Mendel contra las ideas predominantes de su época (herencia de mezcla) 426
Principio de la uniformidad y la reciprocidad 427
Ley de la segregación y pureza de los gametos 428
Ley de la distribución independiente 432
Excepciones de la ley de la distribución independiente 436
Regla de las probabilidades genéticas 437
La regla del producto 437
La regla de la suma de la probabilidad 439
Regla de las probabilidades en los cruces dihíbridos 441
Aplicación de las leyes de la probabilidad a diversos cálculos 442
Aplicación de las leyes de Mendel utilizando el tablero de Punnett 444
Cruce de homocigotes para un par de alelos 444
Cruce de monohíbridos 445
Cruce de homocigotes para dos pares de alelos 446
Cruce de dihíbridos 447
Pruebas de herencia mendeliana 448
Retrocruzamiento con el dominante 449
Retrocruzamiento con el recesivo 450
Cuantificación y expresión de los resultados genéticos 450
Lectura: Personaje legendario: la serie de televisión que se basó en el caso de Sam Sheppard 452
Preguntas resueltas 453
Preguntas propuestas 456

HERENCIA POSMENDELIANA
Introducción 459
Meiosis, base de la distribución independiente 460
Teoría cromosómica de la herencia 461
Ligamiento genético 463
Transmisión no independiente de los genes ligados (Thomas Morgan) 466
Cálculo de la frecuencia de entrecruzamiento de los genes ligados a un cromosoma 468
Efecto cuantitativo y cualitativo de los genes 470
Dominancia incompleta 471
Dominancia incompleta en las flores de la "maravilla del Perú" 472
Dominancia incompleta en la calabaza 473
Dominancia incompleta en el caballo 473
Codominancia 474
Codominancia en la achira 475
Codominancia en el grupo sanguíneo MN 476
Alelos pleiotrópicos 477
El gen vestigial en la Drosophila 477
Pigmentación en el pelaje de los gatos 477
Pigmentación en el pelaje de los ratones 478
Gallinas de plumas rizadas 478
Alelos letales 479
Alelos múltiples 480
Herencia poligénica 481
Acción genética acumulativa 481
Acción genética no acumulativa 481
Epistasis 483
Lectura: El albinismo en animales, ¿es acaso una falla genética? 486
Preguntas resueltas 487
Preguntas propuestas 490

GENÉTICA DEL SEXO Y HUMANA
Introducción 493
Genética del sexo 494
Definición 494
Determinación del sexo 494
Sexo determinado por cromosomas sexuales 494
Sexo determinado por el cariotipo 496
Sexo determinado por factores ambientales y relaciones biológicas 498
Sexo determinado por genes 498
Determinación sexual en plantas 498

Herencia ligada al sexo en animales ... 499
Herencia influenciada por el sexo en animales ... 500
Genética humana ... 502
Caracteres humanos heredados ... 502
Genes humanos ... 502
Genes dominantes y recesivos en el hombre ... 502
Genes codominantes y de dominancia incompleta ... 508
Genes pleiotrópicos ... 508
Poligenes ... 508
Alelos múltiples ... 510
Herencia de algunos caracteres humanos ... 510
Herencia sanguínea ... 510
Herencia del sexo ... 513
Fenotipo sexual y criterios de asignación del sexo ... 514
Herencia ligada al sexo ... 515
Herencia influida por el sexo ... 521
Lectura: Distrofia muscular, una enfermedad ligada al cromosoma X ... 522
Preguntas resueltas ... 523
Preguntas propuestas ... 526

CITOGENÉTICA

Introducción ... 529
Citogenética general ... 530
La célula es una unidad genética ... 530
Los cromosomas eucarióticos ... 530
Estructura cromosómica ... 531
Clasificación de cromosomas ... 532
Números cromoeómicos ... 532
Cariotipo ... 533
Cariotipo euploide (eu, 'verdadero'; ploide, 'juego') ... 533
Cariotipo aneuploide (an, 'sin'; eu, 'verdadero'; ploide, 'juego') ... 534
Citogenética humana ... 535
Cariotipo humano normal (euploide) ... 535
Cariotipo humano anormal ... 538
Principales aneuploidías humanas ... 539
Origen de las aneuploidías ... 539
Aneuploidías en cromosomas somáticos ... 539
Aneuploidías en cromosomas sexuales ... 543
Lectura: La hipertricosis de Pedro González, que inspiró "La bella y la bestia" ... 546
Preguntas resueltas ... 547
Preguntas propuestas ... 550

BIOTECNOLOGÍA E INGENIERÍA GENÉTICA

Introducción ... 553
Definición ... 554
Breve historia de la biotecnología ... 554
Desarrollo de biotecnología ... 558
Biotecnología ancestral ... 558
Biotecnología de primera generación ... 558
Biotecnología de segunda generación ... 558
Biotecnología de tercera generación o moderna ... 558
Impacto de la biotecnología ... 559
Ingeniería genética ... 559
Tecnología del ADN recombinante ... 559
Técnicas utilizadas en biotecnología moderna ... 562
Lectura: Addgene, un Netflix para la edición genética ... 572
Preguntas resueltas ... 573
Preguntas propuestas ... 576

EVOLUCIÓN

EVOLUCIÓN DE LOS SERES VIVOS

Introducción ... 581
Antecedentes de las teorías evolutivas ... 582
Fijismo versus evolucionismo ... 582
Los fósiles y el evolucionismo ... 583
Los estudios de geología ... 584
Teorías evolutivas ... 585
Lamarckismo (transformismo francés) ... 585
Darwinismo ... 587
La teoría mutacionista ... 597
La teoría neolamarckista ... 598
Neodarwinismo (teoría sintética) ... 598
El principio de la evolución en la actualidad ... 600
Principios evolutivos ... 600
Consecuencias de la evolución ... 604
Grado de evolución ... 604
Modelos evolutivos o tipos de evolución ... 606
Ritmo de la evolución ... 608
Evolución y extinción ... 609
Evidencias de la evolución de los seres vivos ... 609
Lectura: Perros de diseñador ... 614
Preguntas resueltas ... 615
Preguntas propuestas ... 618

ORIGEN DE LA VIDA

Introducción ... 621
Antecedentes ... 622
Teoría de la generación espontánea (abiogénesis) ... 622
La generación espontánea - vitalista de Aristóteles ... 623
Van Helmont y la generación espontánea de ratones ... 624
Experimento de Redi: no hay generación espontánea de moscas ... 625
Experimentos de Needham vs. Spallanzani ... 625
Teoría de la biogénesis ... 625
Teoría del origen extraterrestre: cosmozoica, cosmogónica o panspermia ... 627
Creacionismo científico ... 628
Teoría bioquímica (quimiosintética) ... 628
Antecedentes ... 628
Postulados y desarrollo ... 629
Pruebas de la teoría bioquímica ... 631
Lectura: Cerca de conocer el origen de la vida: científicos imitan las primeras interacciones en la Tierra primitiva ... 634
Preguntas resueltas ... 635
Preguntas propuestas ... 638

HISTORIA DE LA VIDA

Introducción ... 641
Antecedentes al origen de las primeras formas de vida celular ... 642
El mundo del ARN ... 642
El fenómeno metabólico ... 642
Las membranas primitivas ... 642
Los primeros organismos unicelulares en nuestro planeta ... 643
Los primeros organismos autótrofos quimiosintéticos ... 644
Los primeros organismos autótrofos fotosintéticos anoxigénicos ... 645
Los primeros organismos autótrofos fotosintéticos oxigénicos ... 645
Los primeros organismos eucariotas ... 646
Teoría endosimbiótica ... 647

Los primeros organismos coloniales y pluricelulares 649
El paso de la vida acuática a la terrestre 650
Los primeros vertebrados adaptados a la vida terrestre 651
Invasión al medio terrestre 652
Lectura: ¿Cómo surgieron los animales en la Tierra? 654
Preguntas resueltas 655
Preguntas propuestas 658

EVOLUCIÓN HUMANA

Introducción 661
Naturaleza biológica-cultural del hombre 662
Evolución de los primates 662
Suborden prosimios 662
Suborden antropoideo 663
Teorías evolutivas sobre el origen del hombre 664
Teoría de Charles Darwin 664
Teoría de Friedrich Engels 664
Evolución de los homínidos 665
Sahelanthropus tchadensis 666
Orrorin tugenensis 666
Ardipithecus 667
Australophitecus afarensis 667
Homo habilis 668
Homo ergaster 668
Homo erectus 669
Homo antecesor 670
Homo neanderthalensis 670
Homo sapiens 671
Lectura: Hace 1,5 millones de años ya dependíamos de la carne 674
Preguntas resueltas 675
Preguntas propuestas 678

TAXONOMÍA

CONCEPTOS BÁSICOS DE TAXONOMÍA

Introducción 683
Breve historia sobre los criterios de clasificación de los seres vivos 684
Taxonomía 685
Sistemática 685
Principales escuelas sistemáticas 686
Criterios utilizados en la clasificación 688
Filogenia 688
Órganos homólogos 690
Genética molecular 691
Bioquímica 691
Especie 692
Nomenclatura binomial 693
Nomenclatura trinomial 695
Categorías taxonómicas 695
Lectura: El genoma del ornitorrinco, un eslabón de la evolución 698
Preguntas resueltas 699
Preguntas propuestas 702

SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN

Introducción 705
Clasificación tradicional de los seres vivos 706
Aristóteles y la dicotomía de la vida en animales y vegetales (350 a.C.) 706
Karl Linneo y las categorías taxonómicas en el reino Plantae y Animalia (1753) 707
El reino animal dividido en invertebrados y vertebrados por Lamarck 708
El tercer reino de Ernst Haeckel (1866) 708
La célula procariota y eucariota por Édouard Chatton (1938) 710
El cuarto reino por Herbert Copeland (1939) 711
Los cinco reinos de Robert H. Whittaker (1969) 711
Los cinco reinos de Margulis y Schwartz (1985) 713
Los tres dominios de Woese (1990) 714
Los cuatro subdominios de Mayr (1990) 716
Los dos superreinos de Margulis y Schwartz (1998) 717
Los dos suprarreinos y seis reinos de Cavalier-Smith (1998) 716
Sistema del catálogo de la vida y los siete reinos (2015) 719
Suprarreino procariota 719
Suprarreino eucariota 719
El futuro de los sistemas de clasificación: ¿fragmentación o minimalismo? 721
Lectura: ¿Cuál es el ancestro común de todos los seres vivos? 722
Preguntas resueltas 723
Preguntas propuestas 726

ECOLOGÍA

CONCEPTOS BÁSICOS DE ECOLOGÍA

Introducción 731
Definición 732
Conceptos básicos 732
Ecosistema 732
Biotopo 732
Biocenosis 732
Biota 733
Bioma 733
Biósfera 733
Hábitat 733
Nicho ecológico 733
Organismos y su ambiente 734
El ambiente físico de los organismos 734
Interacciones entre el organismo y el ambiente 738
Tolerancia a condiciones extremas en el biotopo 741
Temperatura corporal y ambiental 743
Ritmo circadiano y fotoperiodo 745
Patrones morfológicos de adaptación 746
Adaptaciones especiales para evitar la depredación 747
Lectura: Regulación de los cambios de salinidad en el medio de los organismos marinos 750
Preguntas resueltas 751
Preguntas propuestas 754

POBLACIÓN Y COMUNIDAD

Introducción 757
Población 758
Atributos de una población 758
Dinámica poblacional 761
Comunidad biótica 764
Nicho ecológico 764
Atributos de una comunidad 765
Interacciones en las comunidades 767
Sucesión ecológica 773
Bioma 775
Biomas terrestres 776
Biomas acuáticos 778
Lectura: El hábitat de la vicuña 780
Preguntas resueltas 781
Preguntas propuestas 784

Funcionamiento del ecosistema

Introducción 787
Consideraciones generales 788
Flujo de energía en un ecosistema 789
Principios de la termodinámica 789
Relaciones tróficas 790
Cadenas y redes tróficas 792
Transferencia energética en el ecosistema 794
Productividad 794
Pirámides ecológicas 796
Cascada trófica 799
Toxinas en las cadenas tróficas 800
Reciclamiento de la materia: ciclos biogeoquímicos 801
Ciclo del carbono 802
Ciclo del nitrógeno 803
Ciclo del fósforo 805
Ciclo del azufre 807
Lectura: Anchoveta: especie clave en el sistema corriente de Humboldt 808
Preguntas resueltas 809
Preguntas propuestas 812

Biodiversidad

Introducción 815
Definición 816
Niveles de estudio de la biodiversidad 816
Diversidad de especies 816
Diversidad de ecosistemas 816
Diversidad genética 816
Perú: país megadiverso 817
Causas de nuestra megadiversidad 817
Diversidad de ecosistemas en el Perú 818
Diversidad de especies en el Perú 818
Domesticación y diversidad de especies en el Perú 819
Ecorregiones del perú 821
Mar Frío de la corriente peruana 821
Mar Tropical 822
Desierto del Pacífico 822
Bosque Seco Ecuatorial 823
Bosque Tropical del Pacífico 824
Serranía Esteparia 824
Puna 825
Páramo 825
Selva Alta 826
Selva Baja 826
Sabana de Palmeras 827
Lectura: Gallito de las rocas: ave nacional del Perú 828
Preguntas resueltas 829
Preguntas propuestas 832

Deterioro de los ecosistemas

Introducción 835
Equilibrio ecológico 836
Estabilidad 836
Resistencia 836
Resiliencia (elasticidad) 836
Deterioro ecológico 836
Contaminación ambiental 837
Contaminantes 837
Fuente de contaminación y residuos contaminantes 838
Deterioro ambiental asociado a la contaminación 838
Pérdida de biodiversidad 842
Destrucción del hábitat 842
Sobreexplotación 842
Introducción de especies exóticas 843
Alteración de redes de interacción 843
Erosión genética 844
Biopiratería 844
Deterioro de la biodiversidad en el Perú 844
Ecosistemas en peligro 844
Categorización de las especies amenazadas según Inrena (1999) 845
Categorización de las especies amenazadas según DGFFS y SERFOR 846
Lectura: Perú: Riesgos sobre la biodiversidad, el ambiente y la actividad agropecuaria del DS 003 848
Preguntas resueltas 849
Preguntas propuestas 852

Conservación de los ecosistemas

Introducción 855
Relación hombre - naturaleza 856
Desarrollo sostenible 856
Componentes del desarrollo sostenible 856
Manejo sostenible de recursos naturales 856
Conservación y protección 857
Restitución del equilibrio ecológico 857
Restauración de ecosistemas 857
Rehabilitación de ecosistemas 857
Convenios para preservar el ambiente 857
Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático 858
Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) 858
Declaración de Principios sobre los Bosques 858
Gestión ambiental 858
Áreas naturales protegidas 859
SINANPE (Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado) 859
Categorías del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas 861
Reserva de biósfera 867
Corredor ecológico 867
Lectura: Bacterias contra plaguicidas 868
Preguntas resueltas 869
Preguntas propuestas 872

A todo el público en general:

El Proyecto Modo Scan+100, nace de una idea del **Team Calapenshko**, el cual es difundir todo aquel texto inédito que no esté circulando en la red.

Nuestro Grupo Calapenshko hace el mejor esfuerzo para digitalizar este libro, y así usted estimado lector pueda obtener la mejor experiencia que toda persona desea al abrir un libro.

Este proyecto llega gracias a las **donaciones que se pudo obtener de 100 personas** comprometidas con el proyecto **MODO SCAN+100**.

Este libro no debe ser prostituito monetariamente, este libro no debe ser coleccionado, este libro debe ser destruido analíticamente, así que te invito a leerlo.

No pagues por este libro de **circulación gratuita**, búscalo en la red.

Atentamente, el **GRUPO CALAPENSHKO**

18 de agosto del 2020

Presentación

La Asociación Fondo de Investigadores y Editores (Afined), a través de su sello Lumbreras Editores, se complace en presentar su nueva publicación ***Biología: enfoque integral de la vida***, la cual forma parte de la colección **Ciencias y Humanidades**.

Esta publicación constituye un nuevo aporte al desarrollo de la educación en nuestra sociedad, en tiempos donde el avance tecnológico y el uso de los nuevos medios van generando cambios rápidamente, y donde el acceso y el aprovechamiento de estos resultan desiguales en nuestro país. Por ello la importancia de estas publicaciones, que además tienen el respaldo del trabajo serio y orientado al servicio y a la formación integral de los estudiantes.

Conscientes de esta realidad, nuestra editorial –con presencia en distintos lugares del Perú– presenta esta colección, la cual es fruto del trabajo organizado y en conjunto con las distintas planas de profesores del Instituto de Ciencias y Humanidades, promotor de las academias Aduni y César Vallejo, cuya experiencia y dedicación en la formación de jóvenes estudiantes se ven reflejadas a lo largo de las siguientes páginas.

El esfuerzo de las distintas planas está enfocado, además de la enseñanza y la formación integral, en la investigación, tanto en matemáticas como en ciencias naturales y humanidades. Agradecemos el trabajo y la dedicación de los docentes, quienes finalmente canalizan y orientan el contenido de cada obra con el fin de alcanzar el máximo nivel y calidad, y hacer entendible aquello que a veces resulta complicado para el estudiante, no solo de los niveles secundario y preuniversitario, sino también de los primeros ciclos de la universidad. De esta manera, destacamos el trabajo profesional realizado por Williams Ricardo López Vega, Julio César Méndez Nina, Elizabeth Encarnación Torres Ríos, Roberto Justiniano Vásquez Pinedo, Jhony Huarez De La Cruz, Johnny Rodolfo Cáceres Rojas, Luis Douglas Puma Tinco y Alex Dante Cayetano Miranda, profesores de la plana de Biología, quienes asumieron el proceso de sistematización del presente texto debido a su experiencia tanto en la docencia como en la elaboración de materiales educativos.

Finalmente, queremos resaltar el compromiso de nuestra institución de continuar aportando con nuevas publicaciones que contribuyan a mejorar la calidad de la labor educativa, además de incentivar el trabajo de investigación y humanístico, el cual creemos que debe estar siempre cerca de las grandes mayorías.

Asociación Fondo de Investigadores y Editores

CALAPINO

twitter.com/calapenshko

Introducción

La interacción recíproca entre el hombre y la naturaleza es dinámica e implica una realidad unitaria, ya que aisladas una del otro, carecen de sentido, y que en un proceso dialéctico, el hombre ejerce su acción transformadora sobre la naturaleza y a su vez, los fenómenos naturales influyen sobre el hombre y sus condiciones de existencia. Uno de los fenómenos naturales de gran importancia es la vida en constante evolución, y la aproximación a ella en búsqueda de su comprensión ha sido el motor de la ciencia a la que hoy denominamos biología.

La biología es una ciencia natural que se ha ido forjando a través del tiempo, no en términos abstractos, sino en una búsqueda permanente de comprender la vida y sus manifestaciones, transformarlas y adaptarlas a sus necesidades. La comprensión de la fisiología de plantas y animales ha sido de gran importancia inicialmente en la domesticación de especies y actualmente en el mejoramiento genético de las especies, el descubrimiento de formas de vida microscópica y su fisiología tiene un gran aporte en la medicina, la fertilización de suelos en la agricultura, la biorremediación para la restauración ambiental; la comprensión de los procesos que implican el conocimiento de la información genética, a su vez, ha sido determinante para el desarrollo de la biotecnología y sus aplicaciones como la terapia génica, el mejoramiento genético en las plantas y los animales, entre otros. El deterioro de la biodiversidad, el agotamiento de recursos y la contaminación ambiental han servido de impulso para el surgimiento de la ecología.

Actualmente, el avance progresivo de la biología y el aprovechamiento de los conocimientos logrados en ella se despliegan dentro de un marco socioeconómico que no tiene la orientación principal de solucionar problemas apremiantes como el alto grado de desnutrición en algunos lugares del mundo, la falta de prevención de enfermedades, el continuo deterioro ambiental, entre otros.

El aspecto fundamental del presente texto es el enfoque integral en el estudio de la vida, una propiedad emergente de entidades materiales altamente organizadas que son denominados seres vivos, y cuyas manifestaciones permiten su autoformación, autoconservación de su individuo y su especie; por tanto, debido a la concepción asumida que busca contribuir a superar el enfoque idealista de la vida, además del rigor en el análisis, la objetividad en sus contenidos, y la originalidad de sus gráficos, cuadros sinópticos y preguntas hacen del presente texto una obra distinta de las otras publicaciones conocidas en nuestro medio, que será de gran utilidad para quienes están interesados en la comprensión de la vida y sus manifestaciones.

Finalmente, queremos agradecer a la Asociación Fondo de Investigadores y Editores (Afined) por la confianza depositada en nosotros para adaptar al contexto actual la primera edición realizada por una generación de profesores con un alto grado de esfuerzo y desprendimiento invaluable, y con el entusiasmo que brinda el estar seguros que será finalmente de gran utilidad para los estudiantes de diversos niveles educativos.

Sin embargo, no se trata de una obra acabada. Conforme transcurra el tiempo y se logren nuevos descubrimientos, este libro seguirá mejorando. Desde ya agradecemos nos hagan llegar sus observaciones y sugerencias.

Unidad

1

Biología como ciencia

Roberto Justiniano Vásquez Pinedo

CAPÍTULO I

RESEÑA HISTÓRICA (LA CIENCIA BIOLÓGICA)

Objetivos

- Obtener una visión panorámica del desarrollo de los conocimientos en el campo de la biología.
- Relacionar la historia de la ciencia biológica con los procesos sociales.
- Identificar algunos acontecimientos y los aportes individuales realizados en el desarrollo histórico del conocimiento de la vida como fenómeno natural.

Introducción

El desarrollo del conocimiento es un fenómeno social, ligado al proceso socioeconómico. El origen de los avances logrados, directa o indirectamente, se encuentra en la necesidad de la especie humana de mejorar sus condiciones de vida. En ese trayecto se han ido comprendiendo las leyes naturales y cómo estas se evidencian en los fenómenos de la experiencia concreta.

Los relatos históricos suelen ser una enumeración de acontecimientos y aportes individuales, dejando de lado el papel de las colectividades humanas; visión que desliga a las ciencias del momento histórico que ha vivido el conjunto de la civilización, lo que dificulta el enfoque objetivo que el contexto histórico requiere. Es importante señalar que cada momento histórico de la humanidad ha tenido influencia en el desarrollo del conocimiento y este es determinante en el desarrollo tecnológico y social, por ello, en la historia de la humanidad, desde que surgen las clases sociales, los grupos dominantes han pretendido controlar el conocimiento, limitando su desarrollo y difusión, o tergiversándolo según sus intereses.

En nuestro tiempo, esto se manifiesta en la educación puramente técnica, la información mediatizada y pragmática, y la difusión de corrientes filosóficas que tergiversan los fundamentos de las ciencias. Es responsabilidad de los hombres de ciencia comprometidos con un mejor futuro mostrar de una manera más objetiva el proceso que han seguido las ciencias, lo que permitirá también una mejor perspectiva para el avance científico.

1▸ Desarrollo de la biología en la historia

El enfoque más difundido de la historia de las ciencias y la filosofía atribuye sus inicios a los filósofos naturales griegos que vivieron en el siglo VI a. n. e., principalmente por el eurocentrismo y la tradición occidental que ignoró o subvaloró el desarrollo cultural de otras civilizaciones. A partir del Renacimiento, se mostraba a los griegos como paradigmas de la racionalidad y la búsqueda objetiva de la verdad, aunque la idea del método científico era desconocida en esa época.

Está muy diseminada una visión distorsionada o parcial de muchos aspectos históricos de la ciencia, incluso en cuanto a la influencia del pensamiento griego y su herencia posterior a otras civilizaciones con las que tuvo contacto. Estudios minuciosos evidencian que gran parte de la filosofía y ciencia griega fue influenciada y tuvo raíces en pueblos vecinos.

Sin negar la influencia de los filósofos griegos, una mirada más amplia permite apreciar el gran desarrollo que tuvieron grandes civilizaciones, como las que ocuparon hace 5000 años los valles a lo largo de de los ríos Nilo, Tigris-Éufrates, Amarillo e Indo, y las culturas mesoamericanas: incas, mayas, aztecas. Estas complejas civilizaciones desarrollaron enfoques únicos para algunas cuestiones sobre la naturaleza de los seres humanos y su relación con la naturaleza.

El siguiente cuadro resume algunos aspectos del desarrollo general de los diversos campos de la biología en los diferentes periodos de la historia.

Comunidad primitiva	Esclavismo	Feudalismo	Capitalismo
Conocimiento empírico de la naturaleza, la domesticación de animales y las plantas.	Se desarrollaron la zoología, la botánica, la anatomía y la fisiología.	El desarrollo de la microscopía permitió el avance de la biología celular y de la histología.	Desarrollo de la teoría evolutiva, la microbiología, la genética, la biología molecular, la bioquímica y, en los últimos tiempos, la ingeniería genética.

2▸ El conocimiento de la naturaleza en la comunidad primitiva

Los elementos iniciales del conocimiento biológico se encuentran en las primeras comunidades primitivas, agrupamientos de seres humanos que vivían como cazadores y recolectores, lo que la historiografía denomina Paleolítico o Edad de Piedra. Este conocimiento empírico era trasmitido a través de signos gestuales y señales gráficas, como las escenas de caza en las pinturas rupestres, esculturas de piedra y petroglifos, cuya antigüedad es anterior a los inicios del lenguaje formal. Dentro de ello, destacan los procesos de domesticación animal y selección de cultivos, así como los comienzos de la medicina.

Si bien existe una abundante cantidad de información sobre esta etapa en Asia, África y Europa; también han ocurrido procesos semejantes en América durante su poblamiento.

El hombre obtuvo sus primeros conocimientos a través de la caza, pesca y recolección.

El arte rupestre expresó las vivencias de los primeros hombres.

2.1. LA REVOLUCIÓN NEOLÍTICA

El cultivo de plantas y la domesticación de animales originó un gran cambio hace unos 10 000 años, es decir, la transición del modo cazador-recolector a la producción de alimentos: agricultura y ganadería. Las primeras domesticaciones durante el Neolítico precerámico ocurrieron en algunas regiones del Creciente Fértil: Antiguo Egipto, Levante Mediterráneo, Anatolia, Mesopotamia y Persia, considerados como el más antiguo núcleo de desarrollo autóctono.

Los estudios geológicos y genómicos muestran que el perro se domesticó antes del año 10 000 a. n. e., posteriormente cabras, ovinos, bovinos y cerdos; y más tarde camellos y equinos; asno y caballo, este último en las estepas de Ucrania. También empezó la transformación de los productos secundarios: leche y derivados, lana y cuernos. Respecto a las plantas, ocurrió un esquema semejante, comenzando los 8500 a.n.e. Paralelamente se mejoró la producción de herramientas en lo que se conoce como la Edad de los Metales.

El uso de animales como alimento y fuerza de apoyo transformó el trabajo, el transporte, el comercio y la guerra. El uso bélico del caballo estimuló la construcción de ciudades protectoras contra ejércitos montados.

En esta etapa, se valoraba la fecundidad, esto se puede comprobar en algunos grabados que datan de aproximadamente 60 000 años, donde se representaban mujeres en gestación y animales.

Venus de Laussel. Figura femenina en gestación.

CRONOLOGÍA EN LA DOMESTICACIÓN DE ANIMALES		
Región	Animales	Período
Medio Oriente	ovejas, cabras y cerdo	8000 a. n. e.
	vacunos y caballo	6000 a. n. e.
	asno	4000 a. n. e.
Asia	búfalo acuático	4000 a. n. e.
América	llama y alpaca	3500 a. n. e.
Medio Oriente	camellos	2500 a. n. e.

CRONOLOGÍA EN LA DOMESTICACIÓN DE PLANTAS		
Región	Variedades	Período
Creciente Fértil	trigo escanda, cebada, arveja, lenteja, melón, lino	8500 a. n. e.
China	arroz, mijo, frijol, cáñamo	7500 a. n. e.
América del Sur y Central	maíz, frijoles, papa, quinua, calabaza, algodón, yuca, camote	3500 a. n. e.
Norteamérica	cebada, calabaza, girasol	2500 a. n. e.

2.2. LOS COMIENZOS DE LA MEDICINA

Los conocimientos de la anatomía humana empezaron en la comunidad primitiva, con la información sobre la respiración, latido, pulso, sangre, calor corporal y los lugares vulnerables del cuerpo. Los padecimientos no comprensibles y las supersticiones, buscando intermediarios entre la naturaleza y los hombres, dieron origen a la figura del sanador o chamán, un miembro del grupo con poderes especiales, capaz de diagnosticar, tratar y dar el pronóstico de una enfermedad; en cuyas manos quedó la incipiente ciencia médica, que fue pasando verbalmente en generación tras generación, y cuya tradición para el tratamiento de algunas enfermedades ha llegado hasta nuestro tiempo, a través de la medicina tradicional.

3▸ El conocimiento de la naturaleza durante el esclavismo

3.1. Formaciones culturales del esclavismo

El modo de producción esclavista y su sistema de organización social, surgió al mejorarse los instrumentos de producción material agrícola y ganadera. Fueron las grandes épocas clásicas: Grecia en los siglos V y IV a. n. e. y Roma desde el siglo II a. n. e. hasta el siglo II d. n. e., donde la esclavitud fue masiva y general entre los otros sistemas de trabajo.

Las formaciones culturales más conocidas se desarrollaron en el Oriente Medio y otras regiones de Asia (Babilonia, Irán), así como también en África del Norte (Egipto) y en Europa (Grecia y Roma). De estas regiones se reconoce la mayor parte de aportes a la ciencia. Otras importantes aportes han sido India y China. De América son conocidas principalmente las culturas inca, maya y azteca. El desarrollo histórico de estos pueblos ha sido, en muchos casos, paralelo; pero el conocimiento que se tiene sobre ellos, no es homogéneo.

3.1.1. Agricultura y ganadería

En Europa se desarrolló el arado, mientras que en Asia se impulsó la cría de vacas de leche y bueyes de tiro, utilizándose asnos domésticos y camellos como animales de transporte. En América se domesticaron una gran variedad de plantas y animales y elaboraron procedimientos para la regulación estacional de los cultivos, sistemas de irrigación, establecimiento de los pisos ecológicos y sistemas de cultivo como huachaques y camellones.

3.1.2. Desarrollo de la medicina

Iniciada de modo empírico, en la comunidad primitiva, la medicina sistemática empezó alrededor del tercer milenio a. n. e., cuyas evidencias más antiguas se hallan en las regiones de Asia y África.

a. Asia

Tablilla con escritura cuneiforme

Las evidencias de la medicina en China, en diversos compendios, datan de 3600 a. n. e. Desde 2800 a. n. e., se describen remedios y técnicas de acupuntura recopilados en el *Pen tsao kang-mou* (hilo y cuerda de las raíces y las hierbas), datado en 2607 a.n.e. durante el reinado del emperador Shen Nung, con 8160 formulaciones medicinales y propiedades de muchas plantas. De época semejante es el *Nei Ching* o *El libro de la medicina*, que describe la circulación de la sangre, la longitud de los vasos, la dimensión y la función de los órganos y la teoría del pulso. Años más tarde se describió la eficacia del mercurio en la sífilis y hacia el 1000 a. n. e. la vacunación antivariólica. Los chinos, entre otros, aportaron el alcanfor, la efedrina, el ginseng y el uso del látex de opio contra la disentería.

Fragmento del código de Hamurabi

De otras regiones asiáticas, datadas hace 2500 años a. n. e., hay evidencias que refieren a "medicinas" de origen vegetal y formularios terapéuticos mesopotámicos conocidos actualmente por las tablillas en escritura cuneiforme redactadas en tiempos de los sumerios, que reúnen unas 250 plantas, 120 minerales y 180 remedios de origen animal, (algunos no identificados). El Código de Hammurabi, rey de Babilonia (1730 - 1685 a. n. e.), tiene referencias sobre el uso de plantas curativas utilizadas hasta nuestros días.

En los jardines construidos durante Mardukapalidine II (772-710 a.n.e.) se cultivaron unas 64 especies medicinales, entre ellas el beleño, el eléboro, la mandrágora, el cáñamo y la adormidera.

De la India, el ayurveda contiene una teoría sobre las funciones orgánicas, basada en las cinco materias del universo: tierra, agua, fuego, viento y espacio. También los hindúes lograron progresos en cirugía, utilizaron plantas anestésicas o narcóticas, como la marihuana (*Cannabis sativa*), y elaboraron antídotos contra la mordedura de serpientes venenosas. Fueron de los primeros en utilizar formulaciones farmacéuticas como ungüentos, infusiones, maceraciones y electuarios. Establecieron las leyes de Manú, para la higiene personal y uso de plantas.

b. África

Los aportes en medicina y farmacia en África vienen del antiguo Egipto, donde el embalsamiento les permitió avanzar en la anatomía, vetada por creencias religiosas en otros pueblos. Los papiros hablan de recetas médicas y fórmulas mágicas, obstetricia, ginecología y angiología. El más conocido es el papiro de Ebers (1550 a.n.e., de la IX generación, XVIII dinastía), con más de 1000 recetas a base de cebolla, ajo, azafrán, hinojo, cobre y antimonio; otros importantes son los de Hearst, Kahum (1850 a.n.e.), Grapow y Deines. Mucho de la cultura médica egipcia fue difundida a través de Hipócrates, lo que influyó en el desarrollo de la medicina y la farmacia.

Fragmento del papiro de Ebers

La biblioteca de Alejandría, establecida durante Ptolomeo Sóter, ha sido la más importante sistematización del conocimiento de la época.

c. La medicina griega

En Grecia se inicio la medicina occidental, entre cuyos personajes históricos destacan los siguientes:

Hipócrates (siglos IV - III a.n.e.). Es considerado iniciador de la medicina, modelo o guía de la profesión médica hasta la actualidad. Fundó los conceptos de la semiología.

Galeno (años 129-200). Es el médico más reconocido del siglo I y es el más importante de la antigüedad después de Hipócrates, escribió *De simplicium medicamentorum temperamentis et facultatives*.

Dioscórides (siglo I). Médico, farmacólogo y botánico; escribió *De materia medica*, el principal manual de farmacopea durante la Edad Media hasta el Renacimiento.

Claudio Galeno

Dioscórides

De materia medica de Dioscórides

d. América prehispánica

La medicina americana, antes de la invasión europea, se caracterizaba por el empleo de plantas y otros productos, recogidos por los cronistas. Destaca el Códice Florentino, escrito en náhuatl; también hay referencias en *La nueva crónica y buen gobierno* (1587) de Felipe de Guamán Poma de Ayala y los *Comentarios reales de los Incas* (1609-1617) de Garcilaso de la Vega.

Una mención aparte merece la técnica quirúrgica de la trepanación craneana desarrollada por las culturas prehispánicas del Perú.

3.1.3. La filosofía y ciencias en Grecia

A Grecia se le considera cuna de la cultura occidental, por la gran difusión que han tenido sus aportes al conocimiento de la naturaleza y la filosofía. La especulación y la dialéctica discursiva, de enorme valor metodológico, promovieron una gran riqueza cultural y la elaboración de muchos conceptos y categorías, que hasta ahora conservan sus raíces nomológicas griegas.

Las escuelas filosóficas griegas desarrollaron las primeras ideas conceptuales acerca de la naturaleza, divididas en dos campos: materialismo e idealismo. Entre ellas destacan la interpretación de la generación espontánea, la idea del cambio permanente y la teoría atomística.

a. Los filósofos materialistas

Consideraron el agua, aire, tierra y fuego como los elementos fundamentales cuya manifestación son las diversas formas materiales que constituyen la naturaleza, y que en su interacción originan cuerpos vivos. Explican el origen de la vida generación espontánea.
Son importantes Thales de Mileto, Anaximandro, Heráclito, Anaxágoras, Demócrito enunciador del atomismo, Epicuro de Samos, Anaximando, Anaxímenes, Jenófanes y Empédocles.

Thales de Mileto

b. Los filósofos idealistas

Parménides, Zenón, Platón (428-347 a.n.e.) y Aristóteles. Plantean un principio abstracto, absoluto, más allá de lo sensible.

Aristóteles. Considerado el fundador de la zoología e incluso el padre de la biología. Inició y desarrolló los estudios de morfología, anatomía comparada y embriología, como un tratado de zoología, anatomía y fisiología, tambien clasificó a los animales en dos grupos: con sangre y sin sangre. Entiende la organización de los seres vivos como una continuidad desde las formas menos organizadas e imperfectas hasta aquellas más organizadas y perfectas en una escala natural, previamente establecida.

Aristoteles

Teofrasto. Discípulo de Aristóteles. Es el iniciador de la botánica, con su obra *La historia de las plantas*, donde hizo la primera clasificación de las plantas por su morfología y apariencia externa.

Fania. También de la misma escuela filosófica, distingue las plantas sin flores (criptógamas), de las plantas con flores (fanerógamas).

3.1.4. La expansión de la ciencia griega y su influencia

El conocimiento desarrollado por los griegos se esparció por el mundo antiguo nutrido por el contacto con otras civilizaciones. Así llegó a Roma que lo incorporó parcialmente a su proceso cultural, y lo difundió durante su expansión. El pensamiento aristotélico sobre la naturaleza y las enseñanzas en medicina de la escuela hipocrática y galénica predominaron en las escuelas filosóficas y en la práctica de los médicos respectivamente. Estas ideas se trasmitieron durante la expansión griega y se mantuvieron casi invariables durante los primeros años del dominio romano y por Galeno predominaron en la práctica de los médicos. Se trasmitieron durante la expansión griega y se mantuvieron casi invariable durante los primeros años del dominio romano.

3.1.5. El oscurantismo y su efecto en el conocimiento de la naturaleza

Durante el imperialismo romano, en expansión, se originó el cristianismo en algunos sectores pobres de las tribus hebreas. Enmarcado en la lucha por la liberación contra la opresión esclavista, la prédica de justicia e igualdad entre los hombres, desencadenó una transformación que se expandió inicialmente entre los esclavos y alcanzó progresivamente las capas más altas de la sociedad, y cuando fue convertido en religion oficial del imperio, se transformó en instrumento de dominación ideológica sobre la población.

El cristianismo en formación incorporó algunos aspectos de la filosofía idealista griega a su sistema de creencias, que se plasma en la escritura de los textos bíblicos. El pensamiento aristotélico y la escala natural sirvieron para justificar la existencia de los sistemas sociales. En ese contexto, las clases desposeídas, en su lucha por la liberación social, concibieron al conocimiento y sus centros de desarrollo como una expresión de la clase dominante y destruyeron una gran cantidad de material, como ocurrió con la biblioteca de Alejandría.

Los primeros siglos del primer milenio constituyen una etapa crítica en el desarrollo de las ciencias denominada oscurantismo, que significó el abandono e incluso la prohibición del conocimiento de la naturaleza, priorizando los dogmas de fe. Durante el oscurantismo de Occidente, los pueblos árabes aprovecharon la herencia grecorromana y la enriquecieron, se desarrolló ampliamente la matemática, se inició la alquimia y hubieron progresos en medicina.

4▸ LAS CIENCIAS NATURALES DURANTE EL FEUDALISMO

El feudalismo, en la historia tradicional, comprende parte de la Edad Antigua y Edad Media. Como sistema social, estuvo basado en las relaciones entre los siervos y los señores feudales. Durante esta etapa se desarrolló la escolástica como corriente filosófica, donde el pensamiento de algunos filósofos griegos idealistas fue tomado como raíz ideológica para la explicación racional del sistema de creencias y dogmas.

La contribución principal ocurrió en el desarrollo de la herbolaria, practicada en los conventos religiosos.

4.1. EL RENACIMIENTO Y LA CIENCIA EXPERIMENTAL

Se denomina Renacimiento al periodo que significó retomar la tradición cultural griega, principalmente en el arte y la literatura. En las ciencias naturales, se retomaron las ideas de Aristóteles y Galeno. Durante este periodo se fundaron muchas universidades, que se constituyeron en centros de investigación.

Galileo Galilei (1564-1642) Considerado iniciador del método científico experimental

En ese contexto, Galileo Galilei estableció la experimentación como eje del conocimiento, por lo cual se le reconoce como fundador del método experimental en física.

En esa época, Andrés Vesalio inició la anatomía. Miguel Servet estudió la circulación menor o pulmonar de la sangre y William Harvey (1578-1657), la circulación sanguínea general, también planteó la existencia del ovocito como célula primigenia reproductiva. Otros personajes importantes son Mondino de Boloña y Paracelso. Leonardo da Vinci destacó como anatomista e inventor, aunque actualmente se le reconoce principalmente como pintor.

4.2. DESARROLLO DE LA MICROSCOPIA, CITOLOGÍA E HISTOLOGÍA

Los primeros microscopios fueron elaborados a comienzos del siglo XVI por Hans Jansen, su hijo Zaccharias (1590) y Galileo (1609), aunque el uso del vidrio en instrumentos era conocido desde el tercer milenio a. n. e. Los primeros microscopios se usaron para examinar pulgas y otros insectos, como fue el caso de Galileo que observó el ojo de los insectos y sus unidades.

Anthony van Leeuwenhoek (1632-1723) observó y graficó microbios y espermatozoides, observados años antes por Louis Hamm y que dieron origen a la teoría animaculista.

Robert Hooke (1635-1703), al observar cortes de corcho, introdujo el término *célula* o *celda*.

Marcelo Malpighi (1628-1694) estudió el gusano de seda, el estrato germinativo de la epidermis, los primeros cortes de cerebro, hígado, riñón, bazo, pulmones, lengua y los corpúsculos renales que llevan su nombre. Más tarde observó tejidos vegetales llamando utrículos a las células.

Francisco Redi (1626-1697) refutó experimentalmente la generación espontánea de macroorganismos, trabajando con las moscas y sus larvas, lo que dio inicio a la experimentación de laboratorio en biología.

Regnerus de Graaf (1641-1673) estableció el huevo como estructura común a todas las especies animales. John Ray (1627-1705) estableció una primera definición de especie y un sistema de nomenclatura racional.

Leonardo da Vinci

Malpighi

Francesco Redi

4.3. ORIGEN DE LA TAXONOMÍA

El mercantilismo estimuló el afán expansionista de los europeos, iniciándose el proceso de invasión y colonización del sur de África, Asia y América. En ese contexto, se desarrolló la obra de Carlos Linneo (1707-1778), profesor, médico y naturalista sueco, que formuló el sistema binomial para designar las especies de organismos y las principales categorías usadas en la clasificación biológica. Él mismo clasificó a las plantas según sus órganos reproductores.

Carlos Linneo

4.4. LOS INICIOS DEL TRANSFORMISMO

La gran cantidad de fósiles encontrados y el desarrollo de la geología iniciaron la interpretación transformista de la naturaleza. Así, George Louis Leclerc, conde de Buffon (1707-1788), en su obra *Épocas de la naturaleza*, planteó la acción de fuerzas naturales en la corteza terrestre, considerando a los fósiles como restos de especies desaparecidas; estableció además una relación entre las especies y su distribución geográfica.

5▸ LA EVOLUCIÓN DE LAS CIENCIAS NATURALES DURANTE EL CAPITALISMO

El capitalismo, en cuanto sistema social, tiene como característica principal la división social entre los trabajadores asalariados y la burguesía que posee los medios de producción. Las contradicciones de estas clases se observan en los planos filosófico, político, económico y cultural; y marcan muchos acontecimientos. Se considera que esta etapa histórica inició con la revolución burguesa y la Declaración de los Derechos del Hombre que acontenció en Francia en 1789.

5.1. EL POSITIVISMO COMO DOCTRINA FILOSÓFICA

La burguesía, en su afán de beneficio económico y control del poder político, promueve el desarrollo de la ciencia y lo aprovecha para consolidar su dominio.

En filosofía, se origina el positivismo, corriente filosófica que busca el conocimiento exhaustivo, que impulsó la investigación en los círculos científicos; de este modo, se logró el conocimiento objetivo de las leyes generales y particulares en los procesos de la naturaleza y la sociedad. A partir del siglo XVIII, las ciencias naturales experimentaron un gran desarrollo. Así tenemos en en física, la ley de gravitación y, posteriormente, la teoría de la relatividad; en química la teoría atómica y en biología, las leyes de la herencia y la evolución. A nivel ideológico, se promueve la lucha por la igualdad. En el nivel biológico, la concepción mecanicista de la naturaleza y de los seres vivos, progresivamente da paso a una visión dialéctica.

5.2. DESARROLLO DE LA CONCEPCIÓN CIENTÍFICA MATERIALISTA

El materialismo dialéctico, posterior al materialismo mecanicista, postula que es posible conocer la esencia de las cosas sujeta a leyes generales y particulares. Esta postura, cuyos antecedentes se encuentra en el pensamiento griego, fue magistralmente explicada por Carlos Marx y Federico Engels en contraposición con las posturas idealistas de Hegel, Kant y otros filósofos de la época.

El materialismo dialéctico constituye la piedra angular para entender la organización de la naturaleza y las leyes que rigen su desarrollo, incluyendo al mundo vivo, sin buscar una explicación en agentes sobrenaturales.

Por ello, la obra *Dialéctica de la naturaleza* de Engels puede ser considerada como uno de los trabajos de sistematización más importantes de esta etapa; y que posteriormente se complementa con *El papel del trabajo en la transformación del mono en hombre* que aborda la evolución de la especie humana.

5.3. LA TEORÍA CELULAR

Los estudios de Hooke y Leewenhoek fueron la base para la teoría celular clásica, cuyos hechos importantes son los siguientes:

- En 1831, Brown descubrió el núcleo celular.
- En 1838, Matthias Schleiden y Theodor Schwann plantearon la teoría celular, aplicada a los animales y plantas que incluyen todos los organismos conocidos.
- Ernst Haeckel, en 1866, introdujo el taxón monera para los procariotas y clasificó como el reino protoctista a los organismos unicelulares, también postuló la teoría de la recapitulación como evidencia evolutiva.

Theodor Schwann

5.4. LA TEORÍA DE LA CONTINUIDAD DE LA VIDA

Durante los años 1864 - 1865, se consolidó la etapa final de la lucha contra la hipótesis de la generación espontánea por parte de Louis Pasteur, quien demostró que en las condiciones actuales todo ser vivo proviene de otro ser vivo preexistente. Impulsó el desarrollo de la microbiología como rama de la biología.

5.5. LAS TEORÍAS EVOLUCIONISTAS

Algunos años antes de 1800, se inició el estudio de la evolución de los seres vivos que culminó en el siglo XX con la teoría genética de la evolución o teoría sintética.

La teoría de Lamarck, significado histórico

El transformismo, iniciado muchos años antes, no constituyó un sistema de ideas hasta 1801, cuando Lamarck postuló una vía para las variaciones morfológicas. Los cambios se producen por una tendencia natural modulada por las condiciones de vida: "la necesidad crea al órgano", una vez producidos los cambios, se pueden heredar a la descendencia; por lo que esta teoría es denominada como **teoría de la herencia de los caracteres adquiridos**. Este planteamiento, constituye el primer intento de explicación sistemática del proceso evolutivo.

Jean Baptiste Lamarck

Charles Darwin y Alfred Russel Wallace: El origen de las especies

Explica la formación de especies, sobre la base de las variaciones naturales, cuya explicación realizó Lamarck 50 años antes. La obra de Darwin, *El origen de las especies por el mecanismo de la selección natural* publicada en 1859, plantea que en todas las poblaciones de organismos se producen modificaciones "por uso y desuso", y que las especies se originan por acumulación progresiva de modificaciones favorables para la adaptación, supervivencia y reproducción en un ambiente específico. Otros factores que intervienen son el crecimiento poblacional en progresión geométrica y la escasez de recursos para todos.

Charles Darwin

Algunos naturalistas opuestos a la evolución, buscaron explicaciones fantasiosas a los hallazgos fósiles, como como George Cuvier que postuló la teoría del catastrofismo. Frente a ello, el geólogo Charles Lyell planteó la acción de fuerzas naturales constantes como causa para la formación de la superficie terrestre refutando el planteamiento de grandes catástrofes. Su teoría es conocida como uniformismo, ya que considera un cambio geológico gradual.

5.6. INICIO DE LA GENÉTICA Y LA TEORÍA CROMOSÓMICA

El siglo XIX también significó el surgimiento de la genética. Gregorio Mendel (1822-1884), al realizar cultivos de *Pisum sativum* "arvejas", postuló en 1860, la existencia de factores que se trasmitían de una generación a otra, y planteó las primeras leyes de la herencia biológica. Aunque la fuerte influencia del dogma religioso de la predestinación relegó los aportes de Mendel, estas fueron retomados en los inicios del siglo XX.

Juan Gregorio Mendel

La observación de células en división permitió observar los cromosomas por Strasburger y Fleming en 1875. Sobre esa base, Van Beneden enunció en 1883 la constancia numérica cromosómica y observó la reducción cromosómica en la meiosis.

En 1900, Hugo de Vries, Karl Correns y Erick Tschermark redescubrieron, de modo independiente, las leyes de la disyunción de los caracteres y los postulados establecidos por Mendel 40 años antes. La teoría cromosómica de la herencia se estableció a partir de 1903, por Walter Sutton que observó la correlación entre los cromosomas y los caracteres hereditarios, y Thomas Hunt Morgan, con la colaboración de Bridges, Sturtevant y Müller, estableció que los genes, denominación hecha por Johansen, estaban dispuestos en los cromosomas, bajo un orden lineal y fijo.

5.7. LA BIOQUÍMICA

El siglo XIX trajo a la ciencia biológica la teoría celular, los conceptos de la evolución, la interpretación dialéctica y los esbozos de la genética. Los inicios del siglo XX son los de la teoría cromosómica de la herencia, mientras que los años posteriores son los de la biología molecular y la bioquímica. La biología paulatinamente fue integrándose con la química y la física. Los procesos de síntesis química llevados a cabo en los laboratorios impulsaron la búsqueda de los mecanismos que los seres vivos utilizan para la elaboración de sus propias moléculas. Se postularon las primeras vías metabólicas, la intervención de las enzimas; los hallazgos también se vinculan al análisis de las estructuras moleculares y la función de las vitaminas.

A pesar de su gran avance, en la biología que inició el siglo XX, los trabajos de científicos plagados aún de metafísica eran incapaces de poder entender la unidad del universo, la materia, la naturaleza y el desarrollo social. En ese contexto se difundió la teoría de la relatividad, desarrollada por Albert Einstein, que fijó las bases matemáticas y físicas para una interpretación científica dialéctica del universo y su desarrollo.

5.8. LA REVOLUCIÓN SOCIALISTA Y SU IMPULSO AL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO

En el plano social, las dos primeras décadas del siglo XX significaron la transformación revolucionaria que se impulsó en los países de Europa y Asia, bajo una concepción científica del mundo y su aplicación en la sociedad. La revolución socialista puso el conocimiento al alcance de la mayoría y se produjo una apertura relativa para la difusión de las ciencias.

5.9. REPLANTEAMIENTO DEL ORIGEN DE LA VIDA

Alexander Oparin

A la biología del siglo XX le quedaba por resolver una cuestión fundamental: el origen de los seres vivos. Con los avances de la química y bioquímica logrados durante los primeros años y con una visión dialéctica del mundo, el bioquímico ruso Alexander Oparin, en 1919, planteó los postulados del origen de la vida como un proceso natural en la evolución de la materia y el universo.

La vida, para Oparin, se habría generado en la Tierra por un proceso de reacciones químicas bajo condiciones diferentes a las actuales, hace millones de años atrás: elevado vulcanismo, falta de capa de ozono, radiaciones y ambiente altamente redactor.

Postulados semejantes fueron planteados paralelamente por John Burdon Haldane en 1926.

En 1953, Stanley Miller, bajo la dirección de Harold Urey, diseñó un sistema que reproducía las condiciones de la tierra primitiva, demostrando las hipótesis planteadas por Oparin y Haldane. Posteriormente, se han planteado agregados y modificaciones a la teoría de Oparin que confirman la certeza de su esencia.

En 1988, se planteó la teoría de la endosymbiosis por Lynn Margulis, para explicar la evolución de procariotas a eucariotas.

5.10. GENÉTICA MOLECULAR

James Watson

Uno de los logros más importantes del siglo pasado lo constituye el descubrimiento de la estructura de los ácidos nucleicos, el código genético, así como también el surgimiento de la ingeniería genética.

En 1953, se estableció la estructura del ADN, según el modelo de la doble hélice, por James Watson y Francis Crick, sobre la base de los estudios y fotografías de Rosalind Franklin y Maurice Wilkins.

El modelo de la doble hélice revolucionó las ciencias biológicas. Una clara muestra de los progresos que desencadenó se encuentra en el descubrimiento del código genético y el desarrollo de la biotecnología moderna, que incluye los avances de la ingeniería genética, la clonación y la lucha contra determinadas enfermedades con el uso de genes.

El código genético fue descifrado en 1965 por Matías Nieremberg y Severo Ochoa. Esto permitió conocer la relación que existe entre el ADN, los ARN y las proteínas; y cómo el ADN se manifiesta en proteína y el gen origina un rasgo biológico; todo esto es denominado "dogma central de la biología".

Paul N. Berg es el iniciador de los trabajos de ingeniería genética a partir de 1971. En la ingeniería genética, el genetista utiliza métodos para llevar genes de un ser vivo a otro, de una célula a otra; este trabajo dio origen a seres vivos nuevos, los transgénicos, que en la naturaleza difícilmente se podrían haber generado.

5.11. LA TEORÍA SINTÉTICA DE LA EVOLUCIÓN

Los aportes de la teoría de la selección natural, la teoría de mutaciones, la genética molecular y la genética de poblaciones, se unificaron para originar la teoría sintética de la evolución. Esta teoría se desarrolló con los aportes de Theodosius Dobzhansky, Ernst Mayr, John Burdon Haldane y otros investigadores que proporcionan rigurosidad a la teoría evolutiva, mediante muchas pruebas, por lo que se define la evolución como un cambio en la composición genética de las poblaciones.

Theodosius Dobzhansky

5.12. LA CLASIFICACIÓN EN CINCO REINOS

La abundancia de información ha hecho también necesaria una forma de clasificación biológica distinta. En 1969, R. H. Whittaker, taxónomo norteamericano, propuso dividir los organismos vivos en cinco reinos: monera, protista, fungi, animalia y plantae.

El aporte más significativo fue separar a los hongos de las plantas. Tomó como base la estructura celular, dado que los hongos no tienen cloroplastos y las plantas sí. Esto conlleva a la distinción en la nutrición, los hongos son heterótrofos, mientras que las plantas son autótrofas. En la clasificación de Whittaker, las algas unicelulares son clasificadas como protistas y las algas pluricelulares como plantas inferiores.

5.13. LA BIOTECNOLOGÍA

La ingeniería genética, denominada biotecnología moderna, y las técnicas de cultivos celulares han permitido el desarrollo de los procesos de clonación artificial.

En 1983, se desarrolló artificialmente la primera planta a partir de una célula de tabaco y, en 1988, el primer animal a partir de una célula de ratón. En 1996, Ian Wilmut y colaboradores desarrollaron una oveja obtenida por clonación artificial a partir de células diferenciadas, esta fue llamada Dolly. Años más tarde, Dolly se apareó y nació Bonnie.

Actualmente, existe una serie de técnicas utilizadas en la aplicación de la genética molecular, esto ha permitido la producción de vacunas, hormonas, vitaminas e, incluso, órganos artificiales.

Ian Wilmut

Ovejas Dolly y Bonnie

6▸ La biología en el presente

Como hemos sostenido, la ciencia no se encuentra al margen de las condiciones sociales, sino todo lo contrario. Como parte de la superestructura está vinculada a los intereses de los hombres y al sector social al que pertenece. El sistema económico actual no contribuye al desarrollo pleno de las ciencias, pues si bien es cierto se hacen avances y están ligados a los intereses de los grandes capitales internacionales. En ese sentido, se observan dos posiciones a las que el conocimiento está ligado. Una que está vinculada con los intereses de las grandes mayorías, que conforman la humanidad, constituyéndose en instrumento de desarrollo e igualdad. La otra es una visión parcializada, que asume un enfoque del mundo lleno de subjetivismo, conocimientos y práctica desligados de la realidad y al servicio de intereses personales.

Hoy en día, se dispone de alta tecnología que ha mejorado enormemente la producción agrícola y ganadera, la medicina dispone de medios sofisticados para el diagnóstico y tratamiento de las enfermedades. A pesar de ello, las grandes mayorías no pueden acceder a los logros de la humanidad, por esto persisten las altas tasas de morbilidad y mortalidad en los países subdesarrollados y el hambre constituye así un problema mundial.

Los países con mayor industrialización han convertido a las naciones no industrializadas en su fuente de riqueza, y para conservar su poder han establecido una serie de instrumentos económicos y políticos como los organismos internacionales. El fenómeno de la globalización constituye el mecanismo a través del cual se busca mantener el sistema actual, ya que al permitir el acceso a la información y comercio internacional, las condiciones de subdesarrollo persistentes en la mayoría de países poco tecnificados, los mantienen como colonias económicas y fuentes de recursos para las industrias transnacionales que incrementan su poderío. A través de ello, se impide el desarrollo científico y tecnológico autónomo, las naciones no industrializadas consumen la tecnología que se produce en los países industrializados, por las transnacionales económicas.

PERSONAJES HISTÓRICOS EN LA BIOLOGÍA Y SUS APORTES

Personaje	Aporte
Aristóteles	Clasificó a los animales y a las plantas.
Teofrasto	Iniciador de la botánica, clasificó por primera vez a las plantas en árboles, arbustos, subarbustos y hierbas.
Robert Hooke	Utilizó por primera vez el término *célula*.
Anthony van Leeuwenhoek	Observó y describió células vivas, así como organismos unicelulares.
Carlos Linneo	Sentó las bases de la clasificación de los seres vivos. Su sistema se basó en los rasgos observables de los organismos: las similitudes permiten agruparlos y las diferencias separarlos.
Jean Baptiste de Lamarck	Fue el primero en plantear una teoría evolutiva en la que concatenó las necesidades en los organismos por sobrevivir y la tendencia hacia el cambio; por lo que operan la ley del uso y desuso, y la herencia de los caracteres adquiridos.

PERSONAJES HISTÓRICOS EN LA BIOLOGÍA Y SUS APORTES	
Personaje	Aporte
Matthias Schleiden	Sostuvo en 1838 que todas las plantas están formadas por células.
Theodor Schwann	Teoría celular clásica en 1839. Llegó a la conclusión de que las plantas y los animales estaban formados por células.
Charles Lyell	Planteó la teoría uniformista; según esta, la naturaleza ha cambiado lentamente, por lo que no ha habido grandes catástrofes.
Charles Darwin y Alfred Russel Wallace	Plantearon la teoría de la selección natural para explicar el origen de las especies, sobre la que se basa la actual teoría de la evolución. Además, Darwin aportó un conjunto numeroso de evidencias sobre la evolución.
Ernst Haeckel	Aportó la prueba embriológica de la evolución conocida como prueba de la recapitulación. Planteó la clasificación de los unicelulares en el reino Protista y el término *ecología*.
Louis Pasteur	Descartó las antiguas ideas de la generación espontánea. Demostró que actualmente en la naturaleza la vida solo proviene de otra vida preexistente.
Gregorio Mendel	Descubrió la ley básica de la herencia biológica, en la que ciertos factores, hoy llamados genes, pasan de una generación a otra y permiten trasmitir características de una generación a otra generación.
Alexander Ivanovich Oparin	Sostuvo la primera teoría científica acerca del origen de la vida. En esta se plantea que la vida se originó en la Tierra por un proceso natural de síntesis química a partir de la materia existente en ella.
Stanley Miller y Harold Urey	Comprobaron la formación de moléculas orgánicas pequeñas por medio de reacciones químicas que simularon las condiciones ambientales en las que se originaron los seres vivos.
James Watson y Francis Crick	Basados en los hallazgos de Rosalind Franklin y Maurice Wilkins, plantearon el modelo de la doble hélice para explicar la estructura y las propiedades de la molécula de ADN.
Heinrich Whittaker	Planteó la clasificación de los seres vivos en cinco reinos: Monera, Protista, Fungi, Animalia y Plantae.
Lynn Margulis	Sostuvo la Teoría endosimbiótica que explica el origen de la célula eucariota, con núcleo, a partir de la procariota, sin núcleo.
Theodosius Dobzhansky	Representante del neodarwinismo. Planteó la teoría sintética original.

Desarrollo cronológico de la biología

Aristóteles (Zoología)

Teofrasto (Botánica)

600 0 500 1000

Herbolario

Hooke acuñó el término *célula*.

Linnéo dejó las bases de la clasificación de los seres vivos.

Schleiden y Schwann plantearon la teoría celular.

1500 1600 1700 1800

Darwin sostuvo la teoría de la selección natural.

Mendel descubrió las leyes de la herencia.

Se redescubren las leyes de Mendel.

Oparin planteó la teoría bioquímica sobre el origen de la vida.

1850 1859 1865 1900 1924 1930

Dobzhansky planteó la teoría neodarwinista.

Watson y Crick sostuvieron el modelo de la doble hélice.

Ian Wilmut realizó la clonación de las ovejas.

1940 1950 1953 1960 1970 1980 1990 2000

El microscopio, la historia de ver grande lo que es pequeño

En el año 3000 a.C., aproximadamente, se considera que, por vez primera, se produjo el vidrio. El lente conocido más antiguo estaba hecho de cristal de roca pulida de 4 centímetros de ancho y fue encontrado en la antigua Nínive, en la legendaria Mesopotamia. En Creta, se han hallado lentes biconvexos que datan de entre 3000 y 1200 antes de Cristo. En el año 1000, un inventor desconocido realizó el primer objeto para ayuda visual, llamado la piedra de leer, era un segmento de una esfera de cristal que al ser colocada sobre el material de lectura amplificaba las letras.

En el siglo XVI, Leonardo da Vinci y Francisco Maurolico insisten en las ventajas de aplicación de estas lentes para el estudio de los pequeños objetos. Se destacan también durante esta época en los estudios de óptica Leonardo y Thomas Digges, Juan Bautista della Porta y Thomas Moulet que se dedican especialmente a la observación de pequeños insectos. En el libro *Magia Naturalis* de Juan Bautista della Porta, publicado en 1588, se establecen los principios de los lentes de cristal.

En 1590, dos constructores holandeses de gafas, Hans Janssen y su hijo Zacharias (finales del siglo XVI y principios del XVII), construyeron un aparato con lentes de aumento que permitía ver los objetos más pequeños. Combinaron dos lentes convexos en un tubo opaco y obtuvieron de esta manera una mayor perfección en la observación de pequeños objetos con lo cual se fundan los principios del microscopio compuesto y el telescopio. El microscopio de Zacharias es utilizado y perfeccionado por varios experimentadores y conocido en todos los países y se empleó su sistema óptico en astronomía por Galileo. En 1609, Galileo Galilei construyó el primer microscopio simple. De 1617 a 1619, apareció ya un microscopio de dos lentes con un solo objetivo convexo y un ocular, cuyo autor, según se supone, fue el físico Cornelius Drebbel.

Athanasius Kircher (1602-1680), sacerdote jesuita alemán, en 1659, con ayuda de un adecuado microscopio compuesto, habría visto bacterias, que también son células, describiéndolas en la sangre de enfermos de peste como unas culebrillas o pequeñísimos gusanillos.

El físico inglés Robert Hooke inventó multitud de aparatos para observar, medir y registrar fenómenos de la naturaleza. Hooke se esforzó en aumentar el alcance de los sentidos, para observar, medir, registrar, analizar y entender lo percibido. *Micrographia* (pequeños dibujos) es de 1665, cuando Hooke tenía treinta años. Hooke registra e ilustra con su propia mano cincuenta y siete observaciones microscópicas de minerales, vegetales (entre ellas la observación de la estructura del corcho) y animales. *Micrographia* se trata en realidad de un tratado sobre los descubrimientos físicos y biológicos que hizo, con la aplicación de un microscopio que él mismo había construido.

El médico y fisiólogo italiano Marcello Malpighi sería de los primeros en ver tejidos vivos bajo el lente. A Malpighi se le considera el fundador de la anatomía microscópica y uno de los más importantes biólogos de todos los tiempos.

Entre 1623 y 1723, vivió el holandés Anton van Leeuwenhoek. Fue el primero que vio y describió las bacterias, la levadura, la vida existente dentro de una gota de agua y la circulación de corpúsculos sanguíneos en los vasos capilares. Leeuwenhoek llevó a cabo improvisadamente sus investigaciones, por afición, pasión hacia los descubrimientos; estas investigaciones fueron dispersas y diversas según su insaciable curiosidad pues no tenía objetivos definidos al carecer de formación académica, de dominio de las lenguas extranjeras y de trato con otros entendidos, ya que su profesión era el comercio.

Adaptado de SÁNCHEZ LERA, Rita María y OLIVA GARCÍA, Ninfa Rosa.
En "Historia del microscopio y su repercusión en la Microbiología".

Preguntas resueltas

Pregunta 1

La trascendencia de los criterios para la domesticación, en cuanto a conocimiento biológico empírico trasmitido dentro y entre grupos sociales, es importante para entender

A) la utilidad económica.
B) la diversidad biológica.
C) la presencia de cadenas alimenticias.
D) la anatomía de los animales.
E) los ciclos reproductivos.

Resolución

Por su significado, en cuanto a la fisiología de los animales, el tiempo de procreación y la forma, así como el conocimiento de los ciclos reproductivos constituye un importante cimiento que se ha ido acumulando

Clave C

Pregunta 2

Indique la región geográfica donde las evidencias arqueológicas han permitido ubicar los procesos iniciales de domesticación animal.

A) África
B) América
C) Asia
D) Europa
E) Oceanía

Resolución

Según los hallazgos de restos humanos y animales en excavaciones hechas en diversos lugares, los primeros animales domesticados fueron los perros en la denominada Media Luna Fértil que pertenece al continente asiático.

Clave C

Pregunta 3

La clasificación de las plantas en criptógamas y fanerógamas se basa en las formas de reproducción y fue realizada por

A) Demócrito. B) Aristóteles. C) Dioscórides.
D) Teofrasto. E) Hipócrates.

Resolución

Teofrasto, discípulo de Aristóteles, fue quien realizó una primera clasificación de plantas sin flores y con flores: criptógamas y fanerógamas, respectivamente.

Clave D

Pregunta 4

Hipócrates es reconocido como uno de los fundadores de la medicina de tradición occidental. Dentro de sus aportes más importantes que se asocian a esta medicina, se encuentran la forma de diagnosticar mediante el estudio de los signos y síntomas, que corresponde a la área de la medicina denominada .....

A) terapéutica.
B) farmacología.
C) fisiología.
D) semiología.
E) patología.

Resolución

Hipócrates sentó las bases para el desarrollo de la medicina en Occidente. Sus observaciones trasmitidas a Galeno fueron mantenidas durante la Edad Media y retomadas en el Renacimiento. De ellas destacan los aspectos de la semiología, que trata sobre las manifestaciones de la enfermedad.

Clave D

Lumbreras Editores

A todo el público en general:

El Proyecto Modo Scan+100, nace de una idea del **Team Calapenshko**, el cual es difundir todo aquel texto inédito que no esté circulando en la red.

Nuestro Grupo Calapenshko hace el mejor esfuerzo para digitalizar este libro, y así usted estimado lector pueda obtener la mejor experiencia que toda persona desea al abrir un libro.

Este proyecto llega gracias a las **donaciones que se pudo obtener de 100 personas** comprometidas con el proyecto **MODO SCAN+100**.

Este libro no debe ser prostituito monetariamente, este libro no debe ser coleccionado, este libro debe ser destruido analíticamente, así que te invito a leerlo.

No pagues por este libro de **circulación gratuita**, búscalo en la red.

Atentamente, el **GRUPO CALAPENSHKO**

18 de agosto del 2020

Pregunta 5

Las escuelas filosóficas griegas interpretaron el origen de la vida por generación espontánea en dos tendencias contradictorias: materialista e idealista. Indique el filósofo que es considerado iniciador de la escuela materialista.

A) Aristóteles
B) Platón
C) Zenón
D) Parménides
E) Thales

Resolución

Thales de Mileto, que propone el agua como elemento fundamental junto a la tierra, el aire y el fuego para el surgimiento espontáneo de la vida, es, junto a otros filósofos, reconocido de esta postura.

Clave A

Pregunta 6

Desde el punto de vista metodológico para el desarrollo del conocimiento, el Renacimiento fue el inicio del método

A) observacional.
B) especulativo.
C) deductivo.
D) experimental.
E) demostrativo.

Resolución

El método experimental de las ciencias naturales fue formulado por Galileo y ha sido desarrollado de modo empírico por diversos naturalistas y científicos a través del tiempo. Incluye la observación, la deducción y la especulación.

Clave D

Pregunta 7

George Cuvier realizó importantes descubrimientos sobre los fósiles, debido a esto es sindicado como uno de los fundadores de la paleontología, sin embargo, se oponía a la evolución, por ello para explicar la presencia de sus descubrimientos propuso la teoría del

A) transformismo.
B) equilibrio puntuado.
C) catastrofismo.
D) saltacionismo.
E) fijismo.

Resolución

Cuvier, que se oponía a la evolución, propuso para explicar los fósiles que la Tierra habría sufrido una serie de catástrofes de origen divino, que acumularon los fósiles en la corteza terrestre, además consideraba que después de cada catástrofe había un nuevo acto creador.

Clave C

Pregunta 8

Entre los siglos XVI - XVII se inició el estudio más intensivo y sistemático de la anatomía humana que hasta ese tiempo estaba vetado por los dogmas religiosos y la sociedad feudal. Indique al principal impulsor de esta rama del conocimiento.

A) Leonardo da Vinci
B) Descartes
C) Miguel Servet
D) Andrés Vesalio
E) Claudio Galeno

Resolución

Andrés Vesalio es reconocido como el fundador de la anatomía humana, ya que realizó múltiples disecciones y descripción de los órganos.

Clave D

Lumbreras Editores

Pregunta 9

Hasta antes del siglo XVII, se aceptaba la posibilidad de que se produzcan gusanos espontáneamente a partir de la carne, pero durante este periodo se realizaron un conjunto de experimentos que lo descartaron. Identifique el naturalista que diseñó y ejecutó dichos trabajos, por lo cual es el pionero del método experimental en biología.

A) Louis Pasteur
B) Francisco Redi
C) Francés Pouchet
D) Lázaro Spallanzani
E) Francisco de Petrarca

Resolución

Francisco Redi realizó un experimento clásico; cubrió con gasa un frasco que contenía carne que permaneció sin gusanos, luego, como las moscas no ingresaban a los frascos cubiertos, no ponían huevos en la carne.

Clave B

Pregunta 10

La clasificación de plantas y animales hasta el siglo XVIII era arbitraria. Por ello la estructura jerárquica que diseñó Linneo fue la base que inició la taxonomía moderna. Indique cuáles fueron los criterios fundamentales que el iniciador de la taxonomía utilizó como base para su sistema de clasificación.

I. morfología de órganos reproductivos
II. distribución geográfica
III. relaciones filogenéticas
IV. histología comparada

A) I, II, III y IV B) I, II y III C) solo I
D) I y II E) II y III

Resolución

Debido a que la distribución geográfica de las especies, o biogeografía, apenas empezaba a realizarse, así como los estudios de histología comparada y relaciones filogenéticas que se inician con la biología evolutiva iniciadas en el siglo XIX, Linneo se basó en los estudios morfológicos, principalmente de las flores, y sobre esa base estableció las categorías taxonómicas: reino, división, clase, familia, género y especie.

Clave C

Lumbreras Editores

Preguntas propuestas

1. ¿Quién planteó la denominación de monera para el reino de los procariotas?

   A) C. Woesse
   B) L. Pasteur
   C) E. Haeckel
   D) R. Whittaker
   E) H. Copeland

2. El empleo del microscopio permitió observar una gran variedad de organismos muy pequeños diferentes a las plantas y animales, por ello fue necesaria una nueva clasificación, esta fue propuesta por

   A) T. Schwann.
   B) E. Haeckel.
   C) C. Darwin.
   D) R. Whittaker.
   E) C. Linneo.

3. En la comunidad primitiva, la domesticación de animales que generó el mayor impacto desde el punto de vista económico-productivo fue de aquellos que son usados como

   A) fuente de carne.
   B) fuerza de tracción.
   C) mascotas de compañía.
   D) defensa.
   E) materia para vestido.

4. El periodo de la historia de la humanidad donde se inició la domesticación de animales y plantas puede ser comprendido ubicado con mayor certeza en

   A) la etapa del esclavismo.
   B) la Edad de Piedra.
   C) la comunidad primitiva.
   D) la revolución neolítica.
   E) los primeros asentamientos humanos.

5. Con el microscopio se amplió el panorama conocido hasta entonces y despertó el interés por la investigación de nuevas áreas. Así empezó la histología cuyo fundador es

   A) Robert Hooke.
   B) Anton van Leeuwenhoek.
   C) Marcelo Malpighi.
   D) Matthias Schleiden.
   E) Rudolph Virchow.

6. La farmacopea es una colección sistemática de fórmulas y recetas, útiles en el tratamiento de las enfermedades que actualmente puede ser utilizada como una guía oficial. Identifique el autor del libro *De materia medica*, considerado como pionero y principal manual de la antigüedad.

   A) Hipócrates
   B) Dioscórides
   C) Galeno
   D) Aristóteles
   E) Teofrasto

7. En el siglo XIX se mantenía la disputa entre la generación espontánea de microbios y quienes se oponían a ello. Fue ..... quien realizó el experimento definitivo que superó esta etapa científica.

   A) Oparin
   B) Miller
   C) Pasteur
   D) Darwin
   E) Haldane

Lumbreras Editores

8. Durante el siglo XIX se realizaron grandes descubrimientos sobre la causa de muchas enfermedades, pero quien formuló los principios para diagnosticar una enfermedad infecciosa fue

A) Daniel A. Carrión.
B) Alberto Barton.
C) Robert Koch.
D) Alexander Fleming.
E) Louis Pasteur.

9. Indique al naturalista que planteó la semejanza embriológica entre los distintos vertebrados como una evidencia de la evolución.

A) Wallace B) Huxley C) [illegible]
D) Cuvier

10. La teoría del uniformismo en la comprobación de la corteza terrestre, que se utilizó como base en los estudios evolutivos, fue planteada por

A) el conde de Buffon.
B) George Cuvier.
C) Charles Lyell.
D) James Maxwell.
E) Albert Einstein.

11. El contexto en el que se propone la teoría bioquímica del origen de la vida fue después de un acontecimiento social importante por su significado para las ciencias. Esto hace referencia

A) al comienzo del siglo XX.
B) a la Primera Guerra Mundial.
C) a la teoría de la relatividad.
D) a la Revolución rusa.
E) al Primer Mundial de Fútbol.

12. ¿Qué investigador fue uno de los primeros en observar y describir células vivas y observar tejidos humanos?

A) A. Leeuwenhoek
B) M. Malpighi
C) R. Hooke
D) R. Virchow
E) T. Schwann

13. Desde que se conoció el núcleo se buscó identificar los componentes, inicialmente se caracterizaron como proteínas, por lo que se llamó nucleína. Identifique al científico que aisló por primera vez el ADN en 1869.

A) Gregor Mendel
B) Hugo de Vries
C) Francis Crick
D) Thomas Morgan
E) Friedrich Miescher

14. Identifique al investigador que propone la ubicación lineal de los genes en los cromosomas a comienzos del siglo XX.

A) Morgan
B) Mendel
C) Huxley
D) Mayr
E) Miller

15. Un hallazgo importante en tiempos cercanos ha sido la penicilina, cuyo descubridor fue

A) Pasteur.
B) Koch.
C) Fleming.
D) Whittaker.
E) Dalton.

Lumbreras Editores

16. Los procesos bioquímicos de la conversión de dióxido de carbono en la fotosíntesis fueron planteados por

A) Embden y Meyerhoff.
B) Melvin Calvin.
C) Stanley Miller.
D) Robert Mitchell.
E) Robert Hill.

17. Aristóteles es uno de los más conocidos personajes de la Grecia clásica, debido a que desarrolló diversos ámbitos del conocimiento. En las ciencias biológicas se considera como iniciador de la

A) taxonomía vegetal.
B) anatomía comparada.
C) generación espontánea.
D) fisiología comparada.
E) experimentación científica.

18. ¿Quién onsideró a los hongos como un reino independiente de organismos?

A) C. Woesse
B) L. Pasteur
C) E. Haeckel
D) R. Whittaker
E) L. Margulis

19. La teoría endosimbiótica que explica el origen de los eucariotas fue planteada por

A) L. Margulis.
B) S. Ochoa.
C) S. Miller.
D) A. Oparin.
E) J. Haldane.

20. Indique quién forma parte de la teoría del equilibrio puntuado.

A) O. Kimura
B) J. Haldane
C) S. J. Gould
D) C. Correns
E) J. Bernal

Lumbreras Editores
twitter.com/calapenshko

CAPÍTULO II

SERES VIVOS, OBJETO DE ESTUDIO DE LA BIOLOGÍA

Objetivos

- Comprender el objeto de estudio de la biología como ramas del conocimiento.
- Vincular el conocimiento biológico a las demás ciencias.
- Sistematizar la metodología utilizada por la biología.

Introducción

La biología es la ciencia responsable del estudio de los seres vivos, formas particulares de existencia de la materia, cuyas manifestaciones específicas denominamos vida.

Se menciona en muchas publicaciones que la vida no se puede definir; una apreciación que tiene relación con el idealismo filosófico, que en biología se denomina vitalismo. La excusa para no adoptar una definición general se suele justificar en la gran diversidad de formas y procesos que se identifican como parte de la vida; pero realmente es no querer inmiscuirse en algo considerado tradicionalmente como misterioso, mágico e inexplicable para la mente humana.

La vida es una manifestación de la transformación de la materia, una cualidad de algunos tipos de materia organizada, como los seres vivos, considerando como materia todo aquello que existe en el universo independientemente de nuestra percepción y conciencia.

Los seres vivos son porciones de materia sustancial que tienen las cualidades de cualquier objeto material: forma, composición, impenetrabilidad, ocupación de espacio, masa y volumen. También se verifica el principio universal de que la materia no se crea ni se destruye, solo se transforma.

Además, los seres vivos presentan propiedades que los diferencian de la materia inerte, siendo fundamental la capacidad de generar y conservar la organización mediante el metabolismo. La materia viva, a diferencia de la inerte, en su transformación continua, tiene autonomía funcional, capacidad para multiplicarse y diversificarse en otras formas semejantes. Estas cualidades particulares son resultantes de un proceso de evolución que tiene continuidad, desde su origen hace más de cuatro eones.

Con el desarrollo de la teoría general de sistemas, los seres vivos son considerados modelos de sistemas complejos en los cuales se manifiesta las cualidades fundamentales de emergencia y recursividad que proporciona la capacidad de replicación y autoregulación.

1▸ Objeto de estudio de la biología

El vocablo *biología* fue incoporado al lenguaje entre el final del siglo XVIII y comienzos del XIX como parte de la filosofía natural, en publicaciones realizadas por los alemanes Hanow en 1776, Burdach en 1800 y Trevinarius en 1802. Sin embargo, se reconoce a Jean Baptiste de Lamarck, como el más importante propugnador de esta disciplina, a través de su publicación de 1802 sobre hidrogeología; y su obra más conocida *Filosofía zoológica* de 1809, en la que señala la necesidad de una filosofía o método popio que permita progresos reales en el conocimiento y que no se limite a describir y enumerar especies.

Así como otros términos, la palabra *biología* resulta de unir las voces griegas *bios* ('vida'), y *logos* ('tratado o estudio'). Por su origen etimológico podemos consideraria como el tratado o estudio de la vida.

¿Qué es la vida? ¿Es posible definiria? ¿Cómo la debemos entender?

Las respuestas a estas preguntas dependen, en lo esencial, de nuestra concepción del mundo, de nuestra forma de entender la realidad. El sentido común nos permite reconocer lo que tiene vida de aquello que no la tiene, pero un concepto debe ser, no solamente apreciación empírica, sino satisfacer otras condiciones como consistencia lógica y posibilidad de ser verificado detalladamente.

La idea de vida la obtenemos cuando exploramos la realidad, observando sus manifestaciones a través de nuestros sentidos, pertenece al mundo objetivo. Durante el siglo XIX, se planteaba que la vida era el modo de existencia de los cuerpos albuminoideos. Compatible con ello, podemos afirmar que la vida es un fenómeno natural, que ocurre en cuerpos materiales de composición compleja y con organización específica a los cuales llamamos seres vivos.

En cuanto a su origen, la vida es el resultado de un largo proceso en la evolución de la materia del universo, que incluye formación de galaxias, sistemas planetarios y planetas. La vida terrestre se generó cuando el planeta aún estaba en formación y ha comprendido procesos químicos y energéticos, desde sustancias inorgánicas hasta macromoléculas y agregados moleculares dotados de autonomía y capacidad de multiplicación. Desde los primeros seres vivos, la gran biodiversidad actual y las especies extintas se han originado por evolución.

La biología es la ciencia que estudia los seres vivos: organización anatómica, fisiología, origen, evolución, relaciones y clasificación. Por ejemplo, las ballenas azules son animales cordados de la clase mamíferos y, del orden de cetáceos, miden al nacer 8 metros de largo y pesan 2000 kg; durante la lactancia, aumentan 100 kg diarios, crecen hasta 28 a 30 metros y logran un peso de 150 000 kg.

2▸ El método científico y la biología

La biología es una ciencia de la naturaleza, por su objeto de estudio y sus métodos es considerada una ciencia fáctica o experimental. Como todas las ciencias que estudian hechos concretos, utiliza formas de aproximación a la realidad objetiva que permiten observar e interpretar los fenómenos biológicos, elaborando a partir de ello un cuerpo de ideas, conceptos y categorías que son considerados parte del conocimiento científico. El conjunto de procedimientos, métodos y técnicas que se emplean sistemáticamente en el estudio de un hecho u objeto, constituye el método científico.

La investigación científica es la búsqueda de solución a interrogantes o problemas que surgen al observar la realidad. El conocimiento obtenido de esta manera contribuye a mejorar nuestra percepción del mundo y, mediante su aplicación en procesos productivos, a lograr mejores condiciones de vida. Un enfoque social del conocimiento científico tambien permite comprender los cambios en la sociedad y su transformación histórica.

2.1. CONCEPTO Y ETAPAS

El método científico es un conjunto de procedimientos lógicos y sistemáticos que se siguen en una investigación. El criterio particular a la hora de decidir qué investigar depende, en gran medida, de la visión de cada persona o investigador. Hay quienes prefieren realizar una investigación para satisfacer inquietudes personales; otros, por el contrario, buscan investigar en función a la necesidad de resolver problemas que atañen a colectividades o a la humanidad en su conjunto. La búsqueda de un mérito personal generalmente orienta a los investigadores pragmáticos a desperdiciar sus aptitudes en función de su propio interés.

En una investigación ligada a la biología se realizan las siguientes etapas:

2.1.1. Identificación o planteamiento de un problema

Tiene como punto de partida la observación de una situación particular o un fenómeno que suscita interés y que require comprensión en sus causas, mecanismos y efectos sobre la naturaleza. También se trata de problemas cuyo cononcimiento sobre ellos no resulta satisfactorio; por ser incompleto, no coherente o contradictorio con otros aspectos ya verificados, incluyendo la posibilidad de nuevas aplicaciones con fines productivos. La identificación del problema conlleva a un conjunto de preguntas, ¿en qué consiste?, ¿cómo ocurre?, ¿por qué?, ¿cuáles son las consecuencias?, etc., que la investigación puede responder.

2.1.2. Elaboración de hipótesis

Es la teorización reflexiva sobre posibles explicaciones o respuestas a las preguntas del problema. Para ello se realiza una exhaustiva búsqueda de información previa sobre el problema identificado, otros trabajos ligados al mismo asunto y temas afines, utilizando como recursos la bibliografía general y especializada existente. Al respecto, debe señalarse que en la actualidad se disponen de bases de datos que contienen una gran diversidad de publicaciones científicas, y cuya revision es imperativa como base para una buena investigación, entre ellas, Scopus o Pubmed, son muy útiles en ciencias biológicas. La hipótesis surge de la información obtenida respecto del tema. Alrededor de un problema puede elaborarse una o varias hipótesis, en cuyo caso deben presentar cierto punto de apoyo teórico.

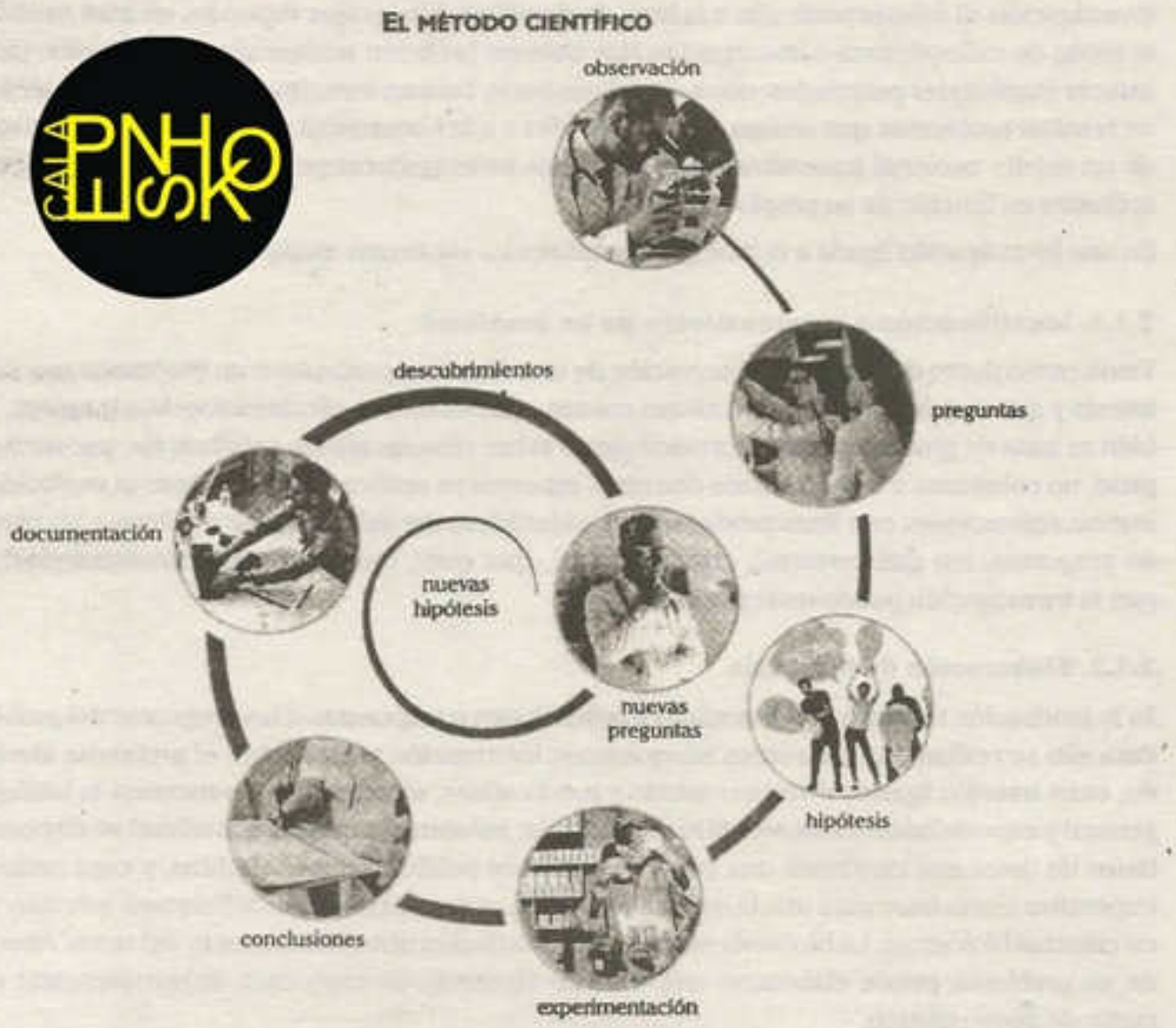
2.1.3. Trabajos experimentales y de campo

Corresponde a la ejecución de la investigación, actividades necesarias realizadas ordenadamente y destinadas a obtener datos que comprueben o descarten la hipótesis. Las ciencias naturales realizan muchas de estas actividades en laboratorios de experimentación, utilizando métodos, procedimientos y técnicas manuales o automatizados; en cambio, las ciencias sociales realizan principalmente trabajos de campo.

2.1.4. Conclusiones

Con los resultados obtenidos correctamente analizados e interpretados se elaboran las respuestas teóricas que comprobarán la veracidad o falsedad de los supuestos. Las conclusiones o tesis constituyen la solución al problema planteado hasta esta etapa. Las conclusiones pasan a enriquecer el conocimiento, en forma de teorías o leyes. Por ello, se afirma que la teoría nace de la práctica y va hacia ella.

Como se ha señalado, se parte de la realidad concreta (práctica), se analiza (investigación) y se establecen conclusiones (teoría) para volverse a verificar en la realidad (práctica).



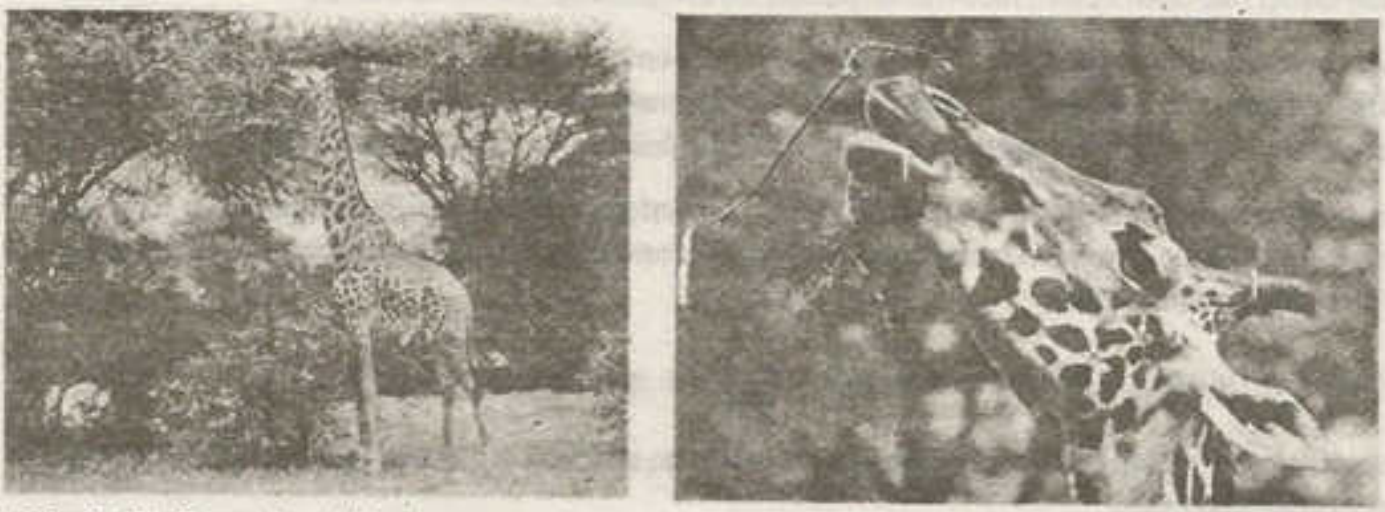
2.2. LAS TEORÍAS Y LEYES EN EL CONOCIMIENTO CIENTIFICO

Si las conclusiones obtenidas son comprobables en un determinado espectro de fenómenos relacionados, podemos establecer las teorías científicas. Si esas conclusiones abarcan un espacio más amplio de fenómenos, y resultan de un análisis más detallado de cada aspecto particular, se arribarán a las leyes. Los criterios particulares que constituye una ley son denominados principios.

Por ejemplo, en un comienzo, la evolución de los organismos era planteada como una especulación. Posteriormente, se plantearon las teorías evolutivas que trataron de explicar cómo se originaron las especies por procesos naturales. Los estudios posteriores mostraron que la evolución biológica era de validez universal; por ello, en la actualidad, es posible plantear la evolución biológica como una ley aplicable a todo lo vivo.

En los fenómenos naturales, los procesos sociales y otros aspectos de la realidad verifican la existencia de las siguientes leyes del desarrollo:

- ley de la contradicción
- ley del cambio de lo cuantitativo en cualitativo
- ley de la negación de la negación
- ley de la concatenación de los fenómenos



Las jirafas (*Giraffa camelopardalis*) viven en pequeñas manadas en la sabana africana, entre el Sahara y el río Orange. Sus características fueron utilizadas como ejemplo en la teoría evolutiva de J. B. Lamarck, lo que actualmente se interpreta con la teoría sintética de la evolución, que rige para todos los seres vivos.

2.2.1. El conocimiento científico

El conocimiento científico es un producto de la actitvidad humana en su necesidad de interpretar y transformar el mundo. No todo conocimiento puede ser denominado científico, este surge cuando los hallazgos se someten a un proceso de decantación y sistematización, extrayendo aquello que se puede comprobar; ya sea por medio de la experimentación o por medio del análisis, a través de la información estadística.

El conocimiento científico permite extraer leyes generales y particulares de los fenómenos, estableciendo sus causas, factores y mecanismos. Es a través de ello que se logran establecer la posibilidad de ocurrencia de algunos acontecimientos y las condiciones requeridas.

3▸ Campos de estudio de la biología

Desde que el hombre se constituyó en un individuo para sí, también ha ido resolviendo una serie de interrogantes. En el campo biológico, tales interrogantes han abarcado la naturaleza misma de la vida, su origen y evolución, funciones vitales, reproducción, genética, cultivo de plantas, enfermedades, etc. Hoy, las ciencias biológicas se entregan al estudio de la filogenia, la clonación de seres vivos, la biotecnología molecular; las cuales son aplicadas a problemas de salud, control de plagas y mejoramiento de la productividad.

Los primeros naturalistas estudiaban a los animales y a las plantas, pero con la sucesiva acumulación de conocimiento, la biología fue dividida en ramas cada vez más específicas.

Las ramas de la biología no son absolutamente independientes, sino que se relacionan unas con otras. Sin una visión del conjunto naturaleza, sociedad y pensamiento, el investigador pierde contexto general, sus trabajos son incompletos e inclusive investiga aspectos que no son importantes, ya que no satisfacen las necesidades reales de la población.

En este problema, suelen caer los investigadores neopositivistas que además no analizan la raíz principal de los problemas, se especializan en su campo a tal punto que pierden la perspectiva y caen en un marcado academicismo al realizar investigaciones intrascendentes.

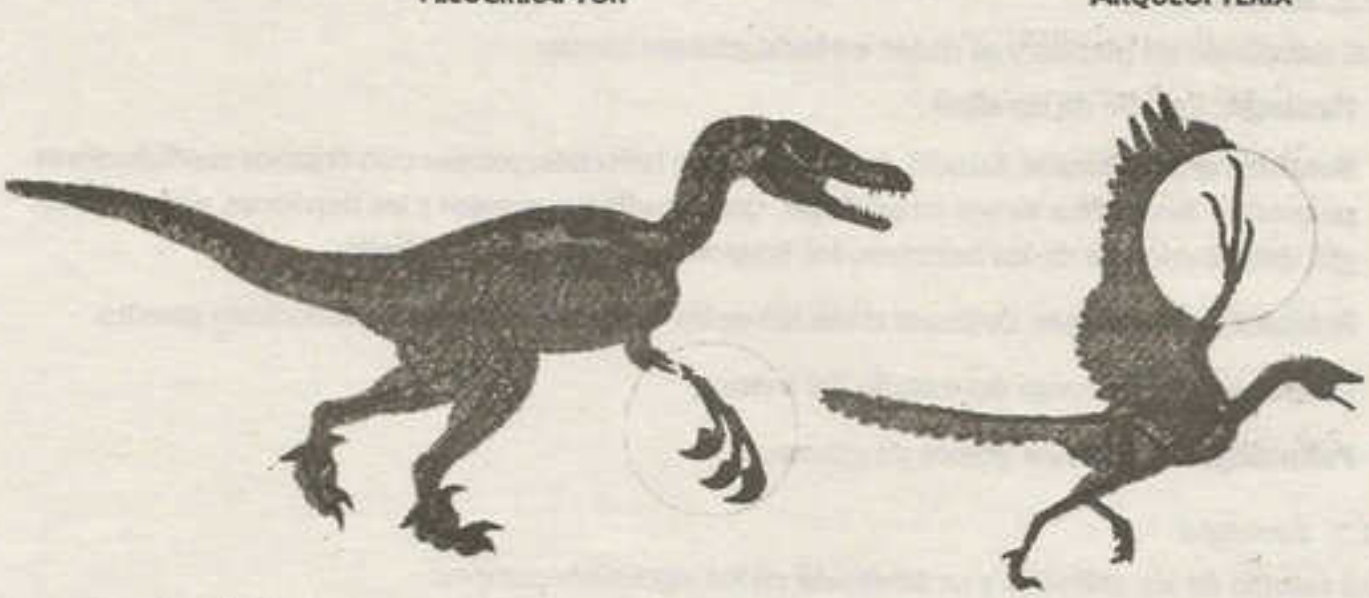
La investigación especializada es importante, pero siempre enmarcada dentro de objetivos generales de desarrollo social. La biología no solo debe describir y explicar fenómenos, debe predecir y aplicar los conocimientos obtenidos para mejorar la calidad de vida de la población.

Los campos de la biología se dividen bajo tres criterios: de acuerdo con las propiedades de la materia estudiada, de acuerdo con el tipo de organismo estudiado y de acuerdo con el nivel en el que se estudia la materia viva.

3.1. De acuerdo con las propiedades de la materia estudiada

Encontramos las ramas más generales de la biología: morfología, fisiología, genética, evolución, taxonomía y ecología.

- **Morfología.** Estudia la forma de los seres vivos y las diversas estructuras que los constituyen.
- **Fisiología.** Estudia el funcionamiento de los seres vivos y las funciones de nutrición, relación y reproducción.
- **Genética.** Estudia la herencia biológica; cuando se hace a nivel de células se denomina citogenética.
- **Evolución.** Estudia el proceso de transformación de los seres vivos.
- **Taxonomía.** Se encarga de la clasificación de los seres vivos, así como de su nomenclatura.
- **Ecología.** Estudia las relaciones de los seres vivos con el medio y con otros seres vivos.
- **Citología.** Estudia la célula como nivel de organización biológico.
- **Histología.** Estudia los tejidos animales y vegetales.



Los estudios de evolución han demostrado que las aves provienen de una línea evolutiva de los dinosaurios relacionada al velociraptor. Observe detenidamente el gráfico y compare la estructura de los sistemas óseos.

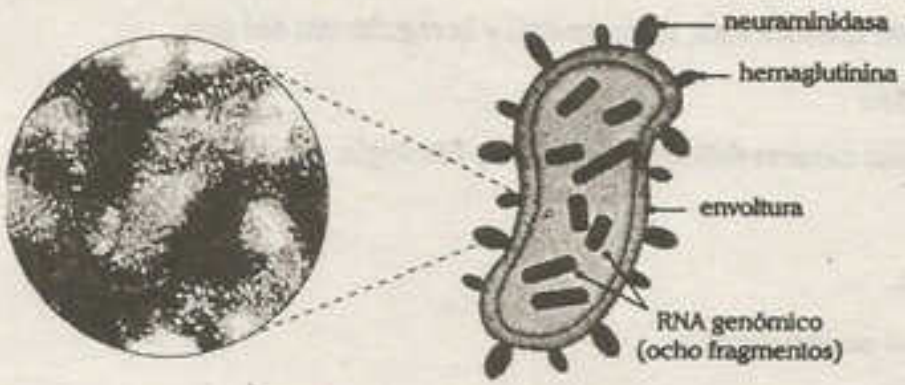
3.2. DE ACUERDO CON EL TIPO DE ORGANISMO ESTUDIADO

Tomando en cuenta las particularidades de las especies de organismos, tenemos a la microbiología, la botánica y la zoología.

3.2.1. Microbiología

Es el estudio de los microorganismos, seres vivos que solo son visibles con el uso del microscopio. Comprende las siguientes ramas:

- **Bacteriología.** Estudio de las bacterias.
- **Micología.** Estudio de los hongos.
- **Virología.** Estudio de los virus, estos no son seres vivos.
- **Protozoología.** Estudio de los protozoarios.



Los virus son entidades biológicas moleculares, ya que poseen ácido nucleico y se multiplican dentro de células vivas, por lo que son estudiados en la biología. En la imagen se muestra, el virus de la influenza.

3.2.2. Botánica

Es el estudio de las plantas y se divide en las siguientes ramas:

- **Ficología.** Estudio de las algas.
- **Botánica criptogámica.** Estudio de los musgos y helechos, plantas con órganos reproductores pequeños. Se divide a su vez en briología, que estudia los musgos y las hepáticas, y pteriodología, que se encarga de los helechos, los licopodios y las colas de caballo.
- **Botánica fanerogámica.** Dedicada al estudio de las plantas con órganos reproductores grandes.
- **Carpología.** Se encarga del estudio del fruto.
- **Palinología.** Estudia los granos de polen.

3.2.3. Zoología

Es el estudio de los animales y se subdivide en los siguientes campos:

- **Helmintología.** Estudio de los gusanos.
- **Entomología.** Estudio de los insectos.
- **Malacología.** Estudio de los moluscos.
- **Ictiología.** Estudio de los peces.
- **Anfibiología.** Estudio de los anfibios.
- **Herpetología.** Estudio de los reptiles.
- **Ornitología.** Estudio de las aves.
- **Mastozoología.** Estudio de los mamíferos.

3.3. DE ACUERDO CON EL NIVEL EN EL QUE SE ESTUDIA LA MATERIA VIVA

Tomando en cuenta los niveles de organización de los seres vivos tenemos lo siguiente:

3.3.1. Biología molecular

Estudia principalmente la estructura, la expresión y la regulación del gen.

3.3.2. Biología celular

Estudio de la célula, sus características, estructura y fisiología.

3.3.3. Histología

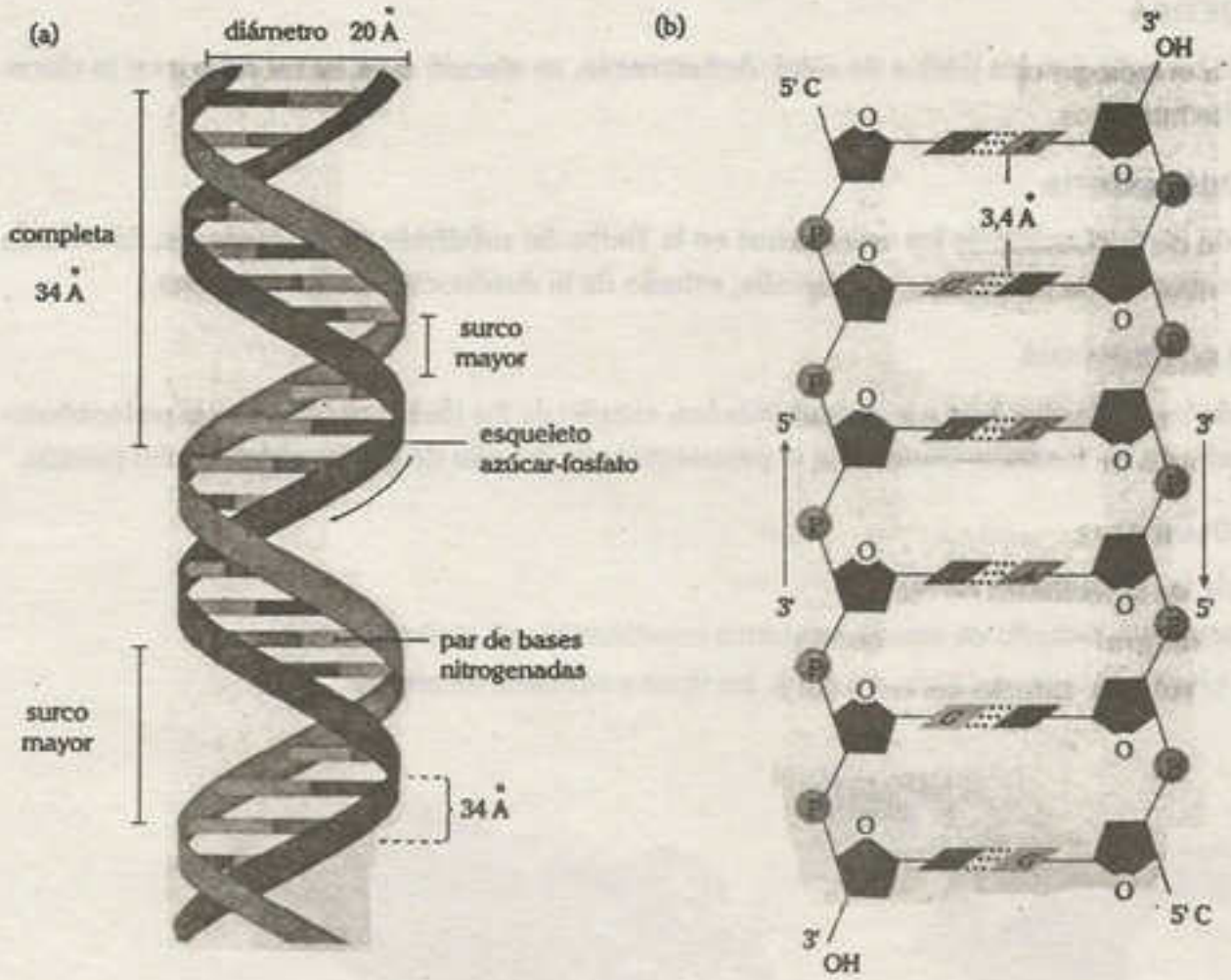
Estudio de los tejidos.

3.3.4. Organología u organografía

Estudio de los órganos.

3.3.5. Biología de los organismos

Estudia a los individuos, tanto unicelulares como pluricelulares.



Los genes son segmentos de ADN con información para la síntesis de un ARN o de un péptido, son estudiados por la biología molecular. (a) modelo de la doble hélice que representa la estructura del ADN. (b) representación de las dos cadenas antiparalelas del ADN, que indica, además, el apareamiento de las bases nitrogenadas: adenina (A) con timina (T) y citocina (C) con guanina (G).

4▸ RAMAS RELACIONADAS A LA BIOLOGÍA

En su desarrollo, la biología ha necesitado de otras ciencias, dando lugar a diversas ramas particulares del conocimiento.

4.1. BIOQUÍMICA

Es la aplicación de la química a la biología.

4.2. BIOFÍSICA

Integra las leyes de la física al conocimiento de los seres vivos. De ella derivan la biomecánica y la bioenergética.

4.3. BIÓNICA

Aprovecha los conocimientos de la biología para solucionar problemas de ingeniería.

4.4. BIOÉTICA

Integra la biología con los juicios de valor. Actualmente, se discute si es moral o inmoral la clonación de humanos.

4.5. BIOGEOGRAFÍA

Estudio de la distribución de los organismos en la Tierra. Se subdivide en fitogeografía, estudio de la distribución de las plantas, y zoogeografía, estudio de la distribución de los animales.

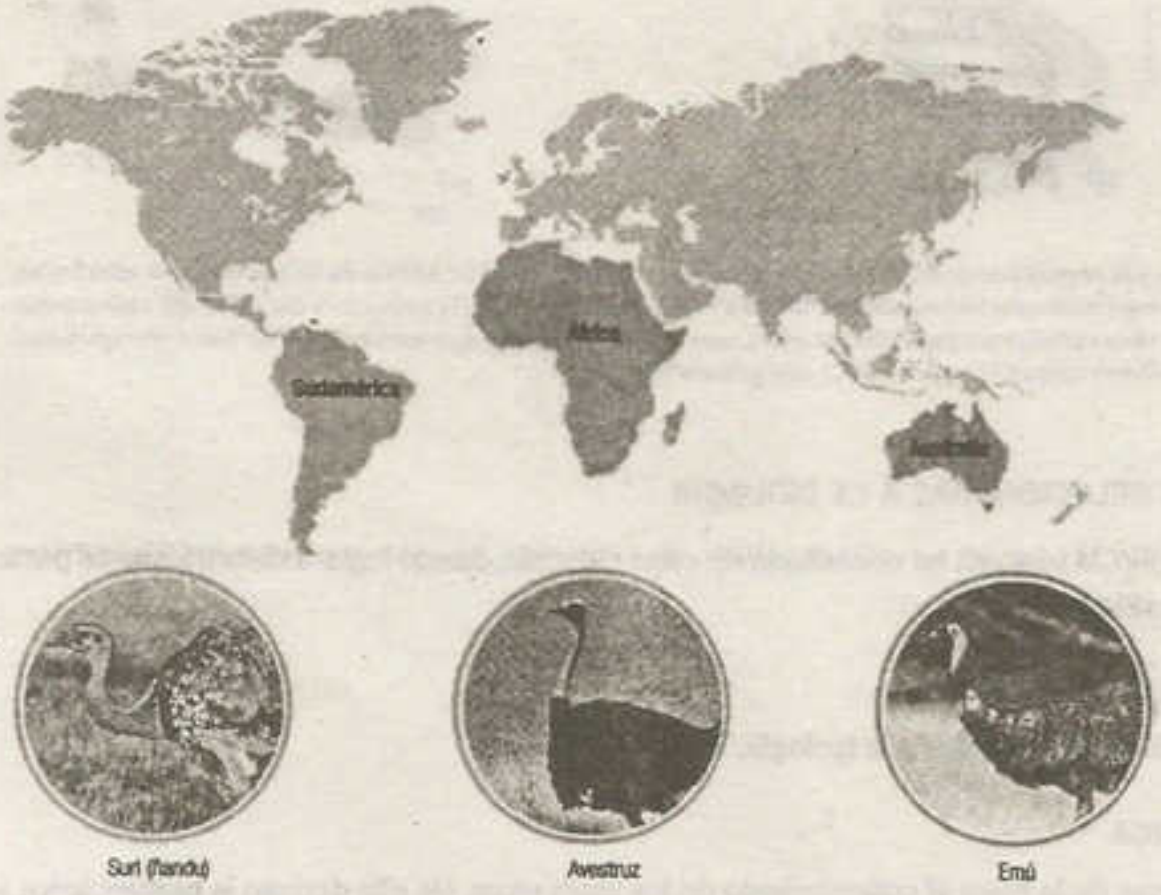
4.6. PALEONTOLOGÍA

Estudio de los fósiles. Incluye a la **paleobotánica**, estudio de los fósiles vegetales; a la **paleozoología**, estudio de los fósiles animales; y a la **paleoecología**, estudio de los ecosistemas del pasado.

4.7. GEOLOGÍA

Estudio de la tectónica de placas.

- **Estratigrafía.** Estudio de aquellos estratos constituidos por suelos rocosos.
- **Hidrología.** Estudio del ciclo del agua, los tipos y sus características.



La zoogeografía estudia la distribución de los animales en distintas regiones del globo terrestre. El ñandú, el emú y el avestruz son aves de diferente especie, todas muy grandes y no voladoras, viven en hábitats semejantes, pero en distintos continentes; el ñandú en Sudamérica, el emú en Australia y el avestruz en África. En el Perú, al ñandú se le llama suri, vive a 4500 metros de altura en el Altiplano y aproximadamente mide 1,45 metros de altura.

5▸ APLICACIONES DE LA BIOLOGÍA

Dentro de las aplicaciones de la biología, tenemos muchas actividades productivas que requieren conocimientos básicos de biología general.

5.1. AGRONOMÍA

Se encarga de aplicar los conocimientos al cultivo de la tierra.

5.2. GANADERÍA

Se encarga de la crianza de animales. El arte de la cría, mejoramiento y multiplicación de animales domésticos se denomina zootecnia y comprende lo siguiente:

- **Apicultura.** Crianza de abejas.
- **Sericultura.** Crianza del gusano de seda.
- **Lombricultura.** Crianza de lombrices de tierra.
- **Porcinocultura.** Crianza de cerdos.
- **Avicultura.** Crianza de aves.
- **Piscicultura.** Crianza de peces.
- **Cunicultura.** Crianza de cuyes y conejos.
- **Bobinotecnia.** Crianza de ganado vacuno.
- **Ovinotecnia.** Crianza de ovejas.
- **Equinotecnia.** Crianza de ganado yeguarizo.

twitter.com/calapenshko

5.3. MEDICINA HUMANA

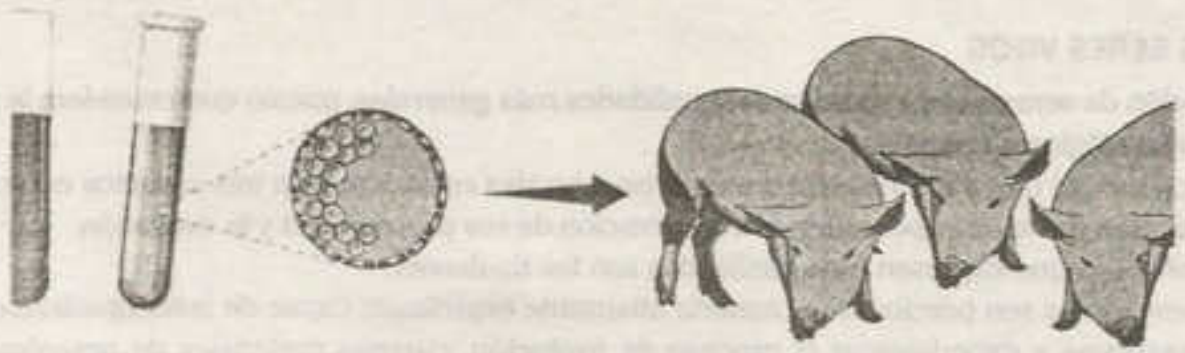
Representa el tratamiento y la prevención de las enfermedades que afectan al hombre.

5.4. MEDICINA VETERINARIA

Se dedica al tratamiento y la prevención de enfermedades de los animales.

5.5. BIOTECNOLOGÍA MODERNA

Es la utilización de organismos o partes de ellos con fines de producción industrial; incluyendo la manipulación genética de los seres vivos originando los organismos transgénicos.



Los organismos transgénicos o genéticamente modificados (GMO), seres vivos que han recibido genes de otra especie, como los lechones criados por biotecnólogos en el Instituto de Ingeniería Genética de Virginia Tech. Cuando las hembras lleguen a madurar, producirán leche con el Factor de coagulación VIII, importante para el tratamiento de hemofilia A, una enfermedad hereditaria.

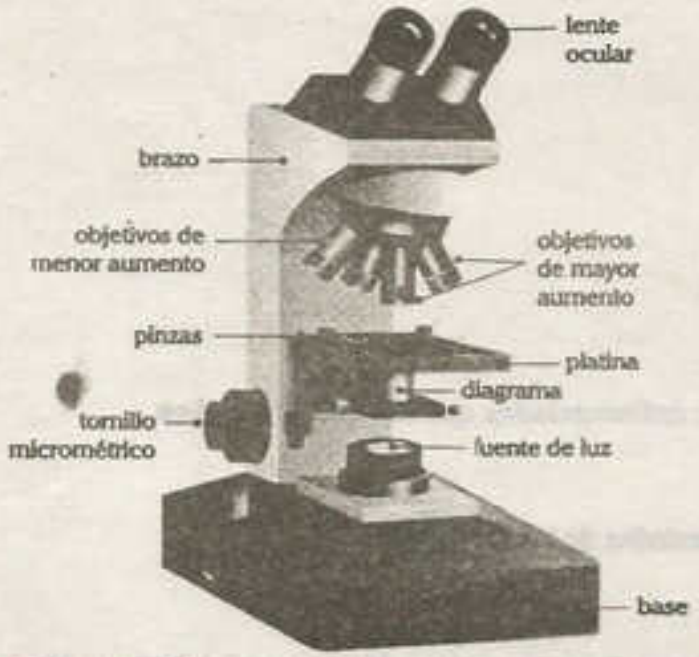
6▸ La biología y la tecnología

La biología en su desarrollo ha incorporado muchos instrumentos que inicialmente fueron creados con otros fines. El microscopio, diseñado inicialmente para la observación de tejidos para vestidos, ha sido, sin duda, el más importante aporte técnico que la biología ha incorporado; tal es así que ha sido perfeccionado sucesivamente desde el microscopio óptico hasta el microscopio electrónico de trasmisión y microscopio electrónico de barrido. La fotografía ha permitido obtener imágenes de microorganismos, células y tejidos.

Los instrumentos de disección rudimentarios han llegado hasta nosotros convertidos en micrótomos, mientras que los que detectan ondas sonoras se han transformado en la ecografía.

La tecnología del análisis de sustancias por cromatografía se ha combinado con la energía eléctrica para la separación de componentes biológicos, en la técnica llamada electroforesis.

Microscopio óptico compuesto



Pseudomonas aeruginosa

El microscopio ha permitido el estudio y el descubrimiento de seres muy pequeños, tales como las bacterias, cuya mayoría causa enfermedades. En el microscopio, que se muestra a la izquierda, el lente ocular y el lente objetivo permiten ver la imagen derecha e invertida magnificada, es decir, ampliada.

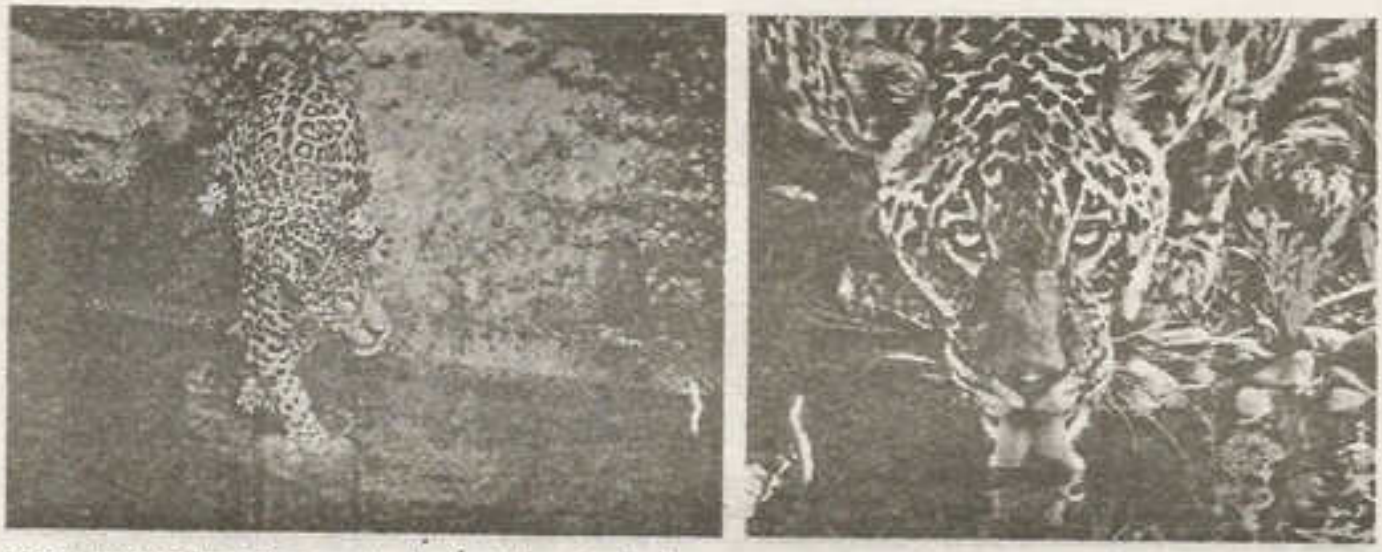
7▸ Los seres vivos

La definición de seres vivos se basa en las cualidades más generales, puesto que considera la gran diversidad biológica conocida.

Las características que diferencian la materia viva y no viva están sujetas a tres aspectos centrales: la organización de sus componentes, la conservación de sus propiedades y la evolución.

Dos definiciones que expresan esas cualidades son las siguientes:

- Los seres vivos son porciones de materia altamente organizada capaz de autoorganizarse autoconservarse y experimentar el proceso de evolución, cuerpos materiales de organización específica en constante transformación.
- Un ser vivo es un sistema químico que se sostiene a sí mismo y es susceptible de experimentar la evolución darwiniana.



La *Panthera onca* "jaguar" vive en la selva tropical y en los Andes peruanos, es conocido como otorongo y está catalogado como una especie en situación vulnerable. Como todo ser vivo, es un sistema químico abierto que intercambia materia y energía.

7.1. CARACTERISTICAS DE LOS SERES VIVOS

Existe una gran variedad de seres vivos conocidos por el hombre y, seguramente, muchos que desconocemos. Todos ellos comparten una serie de características que constituyen las cualidades de la materia viviente. Por su organización general son unicelulares y pluricelulares.

Una aproximación conceptual es que los seres vivos son porciones de materia con organización compleja y específica para cada variedad. La materia viva es autónoma en su generación y conservación. Los organismos son capaces de generar sus propios componentes químicos y estructurales transformando las sustancias y energía disponib es. Son capaces de autoconservarse tanto en sus características individuales como a través del tiempo. La preservación de la especie y la cantidad poblacional ocurre mediante la reproducción y la integración en comunidades vivas o biocenosis donde forman parte de las cadenas alimentarias. Estas cualidades incluyen el intercambio de materia y energía; y su transformación mediante el metabolismo; así como la percepción de sí mismos y el entorno, generando respuestas a cada condición.

Los seres vivos, como parte de la materia, están en transformación constante; pero, a diferencia de la materia inerte, la evolución biológica tiende a generar nuevas variedades de organismos que suceden en el tiempo a otros que se van extinguiendo.

Si bien, la materia que conforma el universo inerte, tiene una composición semejante con los seres vivos y exibe propiedades que son comunes a la vida, las diferencias fundamentales están en la autoconservación y evolución. En la base de la organización de los organismos se reconoce la presencia de una gran variedad de sustancias químicas de elevada complejidad, destacando las proteínas por su cantidad y diversidad, y los ácidos nucleicos. Las propiedades fisicoquímicas de las sustancias permite su integración en agregados moleculares, y la comformación de estructuras capaces de realizar procesos vitales. Es así que la vida y todas sus manifestaciones específicas acontecen mediante un sinnúmero de transformaciones químicas y energéticas interrelacionadas. Todos los procesos fundamentales de la vida ocurren en el nivel de orgnización celular, aunque tituloalgunos se realicen en estructuras más sencillas como las organelas.

Los pulpos son animales moluscos cefalópodos. Su tamaño varía entre 5 cm a 8,5 m de diámetro; poseen un cuerpo flexible, sin concha y ocho tentáculos provistos de ventosas. Cada especie tiene una organización específica y compleja. Son depredadores, hábiles cazadores y excelentes nadadores.

7.2. LOS SERES VIVOS COMO ORGANIZACIÓN ESPECÍFICA Y COMPLEJA

Un ser vivo está constituido de moléculas, organizadas de modo específico. No es así la agrupación de sustancias en cualquier orden ni proporción, tampoco es solo la suma mecánica de sus componentes, sino un sistema con cualidades propias, donde las moléculas se encuentran en proporciones relativamente constantes e interaccionando sobre la base de sus propiedades.

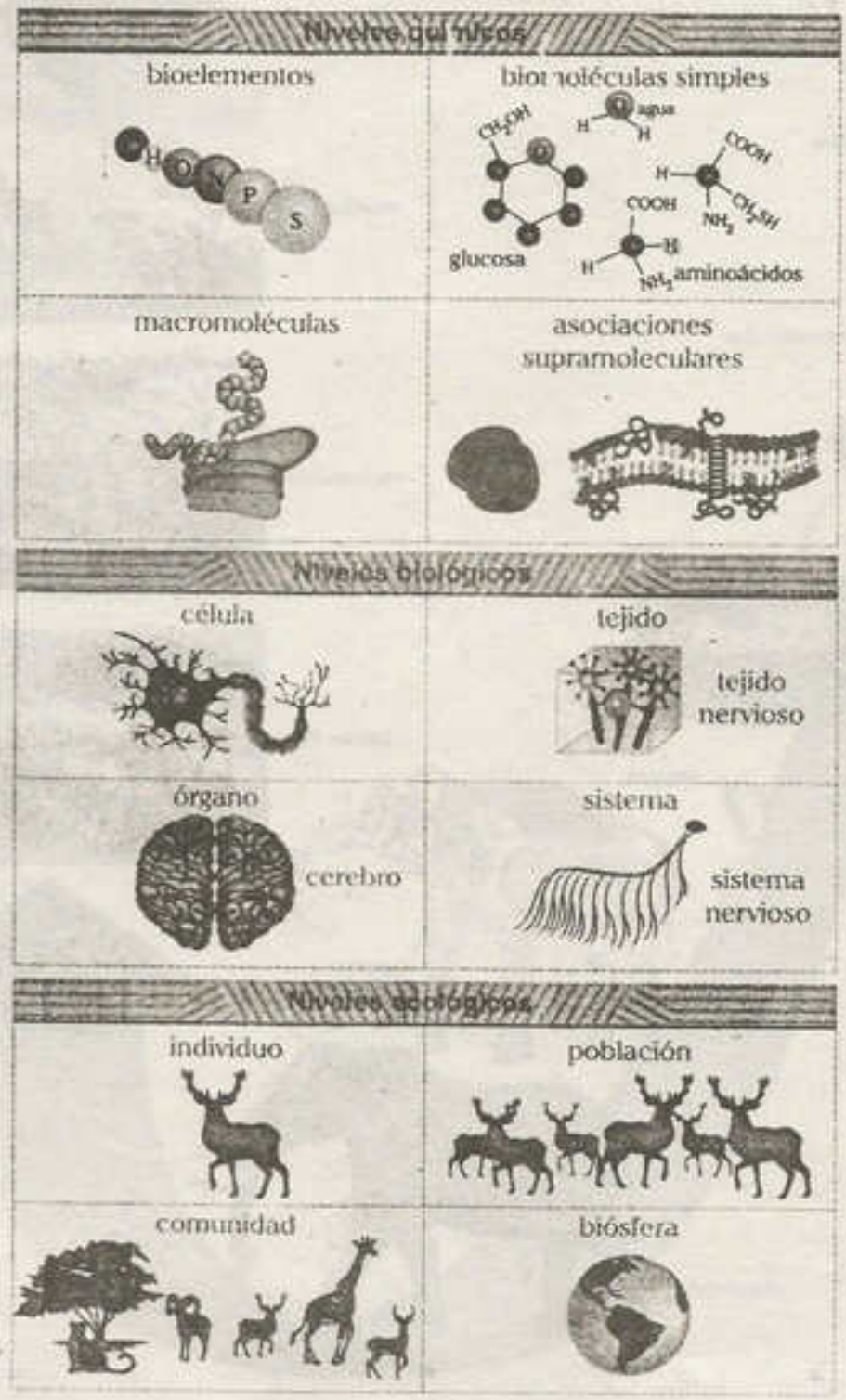
La organización de la materia viva muestra niveles de organización con diversa complejidad, sin que se pierdan sus características individuales que se van integrando conforme llegan a niveles de mayor complejidad.

La mínima porción de materia viva autónoma y funcional corresponde a la célula, que es el primer nivel biológico. Los organismos de mayor complejidad están hechos de millones de estas.

Todo ser vivo lleva implícita la expresión de las leyes de la química y la física a nivel de las moléculas biológicas y sus interacciones. Los mecanismos, principios y leyes que los rigen son factibles de ser conocidos. La interacción de los componentes, al hacerse progresivamente más variados, depende de su estabilidad y equilibrio para mantener sus propiedades. Los más susceptibles de alteraciones dejarán espacio a los más estables y más capaces de conservar sus propiedades. El principio señalado se aplica a las formas más sencillas, a los organismos complejos y a los grupos integrados en poblaciones.

El *Hippopotamus amphibius* vive en el río Nilo y mide hasta 3,6 m de longitud. El alto grado de organización y complejidad que presenta su cuerpo es producto de un largo proceso evolutivo.

En la descripción de la organización de la materia viva, se distinguen tres niveles: químico, biológico y poblacional. En el nivel químico, se ubican los bioelementos, las biomoléculas simples, las macromoléculas y las asociaciones supramoleculares. En el nivel biológico, encontramos a los organismos unicelulares y pluricelulares, cuya base estructural es la célula, nivel fundamental de la vida. En los organismos pluricelulares encontramos tejidos, órganos y sistemas. El conjunto de individuos de la misma especie es una poblacion. Las poblaciones se integran en la satisfacción de sus necesidades conformando comunidades que habitan en un ecosistema. Todas las comunidades vivas de la Tierra son la biósfera.



A todo el público en general:

El Proyecto Modo Scan+100, nace de una idea del **Team Calapenshko**, el cual es difundir todo aquel texto inédito que no esté circulando en la red.

Nuestro Grupo Calapenshko hace el mejor esfuerzo para digitalizar este libro, y así usted estimado lector pueda obtener la mejor experiencia que toda persona desea al abrir un libro.

Este proyecto llega gracias a las **donaciones que se pudo obtener de 100 personas** comprometidas con el proyecto **MODO SCAN+100**.

Este libro no debe ser prostituito monetariamente, este libro no debe ser coleccionado, este libro debe ser destruido analíticamente, así que te invito a leerlo.

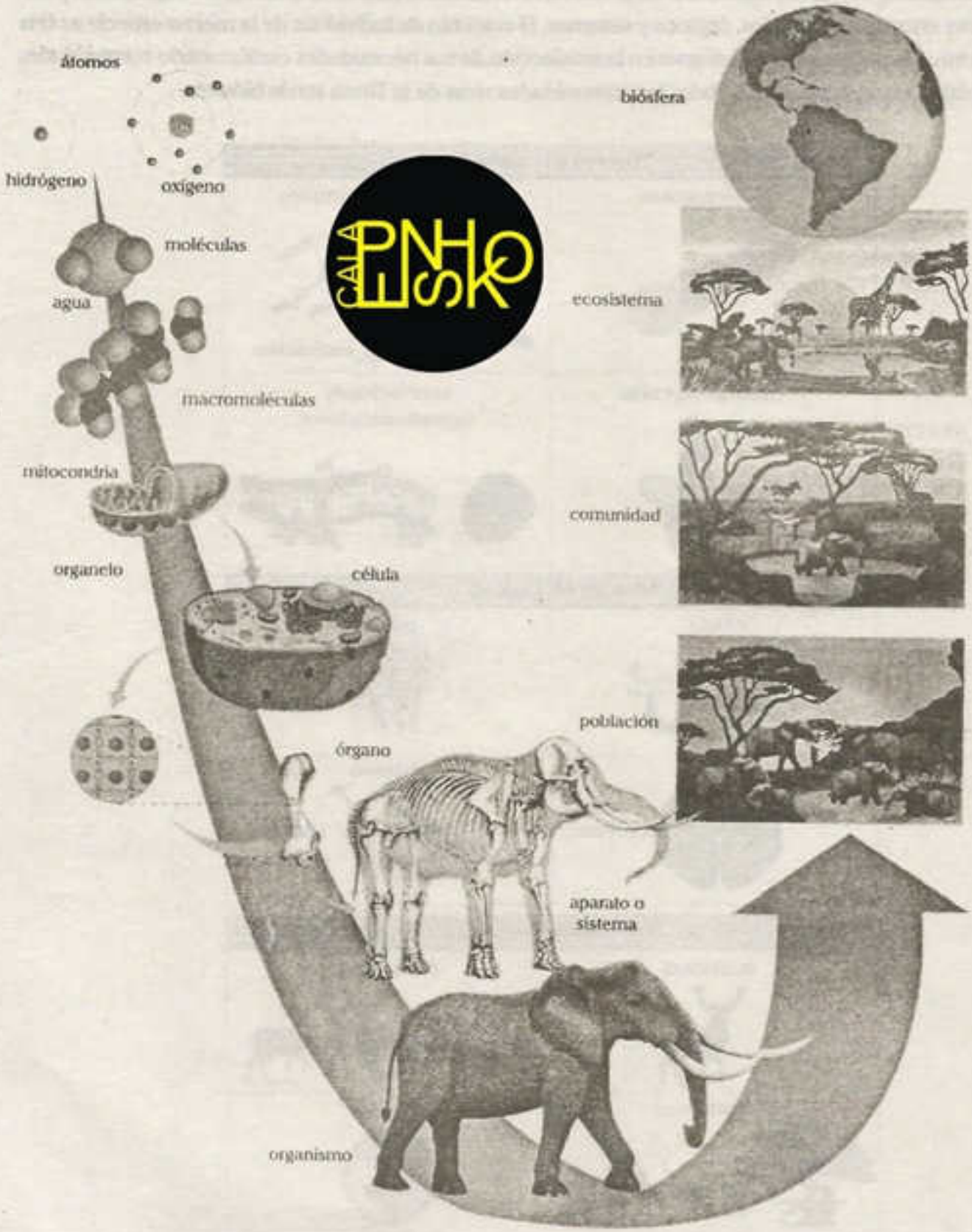
No pagues por este libro de **circulación gratuita**, búscalo en la red.

Atentamente, el **GRUPO CALAPENSHKO**

18 de agosto del 2020

7.2.1. Niveles de organización química de los seres vivos

Corresponde a la variedad de átomos y sustancias que componen las diversas estrucuras de los seres vivos.



a. Bioelementos

Son los elementos químicos presentes en los seres vivos. Cada uno de ellos cuenta con una estructura subatómica constituida por partículas fundamentales (electrones, protones y neutrons), que a su vez están conformados por partículas elementales: bosones, fermiones, kuarks, leptones, mesones, etc. Los biolementos más abundantes son el carbono, el hidrógeno, el oxígeno y el nitrógeno.

b. Moléculas simples

La unión de los bioelementos constituye las moléculas simples. El modo particular de interacción entre los distintos bioelementos, los enlaces que forman entre ellos dan lugar a una gran variedad de biomoléculas. Las más importantes son el agua, los sales minerales, los gases y las moléculas orgánicas simples como aminoácidos, monosacáridos, bases nitrogenadas, ácidos y bases orgánicas.

c. Macromoléculas

Están constituidas por unión de moléculas simples que tienen la propiedad de unirse entre sí, y se convierten en unidades de moléculas más grandes: las macromoléculas. Las más importantes son las proteínas, compuestas de aminoácidos; los polisacáridos, constituidos de monosacáridos; y los ácidos nucleicos, constituidos de nucleótidos. En toda macromolécula, los enlaces que unen las unidades simples son específicos: éter glucosídico, éster, amida, etc.

Es importante señalar que entre las moléculas simples y las macromoléculas existe un nivel intermedio de organización, en él están comprendidas algunas moléculas, como los oligosacáridos, oligopéptidos y los lípidos. Su peso molecular no permite considerarlas como macromoléculas.

Nota

Las moléculas simples y las macromoléculas que forman a los seres vivos son denominadas biomoléculas.

d. Asociaciones supramoleculares

Se denomina así a la union o combinación de producto de la interacción de las macromoléculas y algunas moléculas de menor tamaño. El nivel supramolecular implica la intervención de fuerzas fisicoquímicas y algunos enlaces covalentes.

Las asociaciones supramoleculares más estables son estructuras subcelulares. Las membranas, el citoesqueleto, la cromatina, los ribosomas y los apéndices de movimiento son estructuras de este tipo, poseen actividad propia que deriva de sus propiedades.

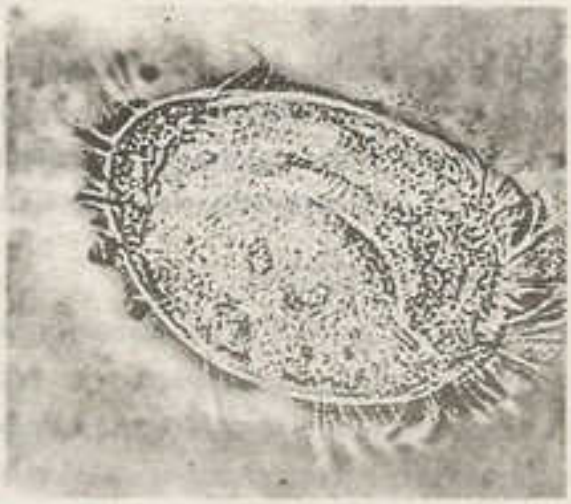
Nota

Se denomina nivel subcelular a los componentes que se integran funcionalmente en las células, pero que independientemente carecen de funcionalidad. Algunos investigadores consideran que se trata de las macromoléculas, otros incluyen las asociaciones supramoleculares y los organelos.

7.2.2. Niveles de organización biológica

a. Nivel celular

Es el nivel biológico fundamental. En las células se integran los diversos niveles de organización química: los bioelementos, las moléculas simples, las macromoléculas y las asociaciones supramoleculares. Todos los seres vivos están conformados por células, estas representan la forma más simple de seres vivos y son los elemer tos constitutivos de todos los organismos.



Existen organismos unicelulares nucleados tales como el protozoario Euplotes. El Euplotes es un individuo unicelular constituido por agua, sales minerales, ácidos grasos, proteínas y ácidos nucleicos.

- Individuos unicelulares. Células de vida libre y coloniales como las bacterias, arqueas, protozoarios, algas y hongos unicelulares. En este caso cada célula es un individuo, por lo que se le llama organismos unicelulares.
- Individuos pluricelulares. Conformados por tejidos, órganos, sistemas. En este caso, un individuo es el resultado de la integración anatómico-fisiológica de los sistemas.

b. Nivel tisular

Está constituido por la asociación e integración funcional de células con características semejantes. Cada célula, conservando su individualidad se une a otras conformando un conjunto con propiedades específicas, que no es solo la suma de cada célula, sino que funciona como un todo. Observamos esto en los diversos tejidos animales y vegetales. Dentro de los tejidos animales, podemos mencionar cuatro tipos: epitelial, conjuntivo, muscular y nervioso. En las plantas, meristemas y tejidos adultos, tales como xilema, floema, colénquima, esclerénquima, epidermis y parénquimas.

c. Nivel organológico

Está conformado por la unión de diferentes tejidos que aportan características particulares; con lo que resultan así cuerpos cuyas funciones son particulares. En los animales, son órganos característicos la piel, el cerebro, los huesos, el corazón, el cerebro, los pulmones, el riñon, la lengua, los dientes, los ojos, etc. En las plantas, destacan la raíz, el tallo, las hojas, las flores, las semillas y los frutos.

Los órganos que están conformados por otros suelen denominarse miembros y son elementos de los sistemas, como ocurre con las patas y alas de los animales vertebrados.

d. Nivel sistémico

Está constituido por la integración anatómica y fisiológica de diferentes órganos. Desde un punto de vista holístico, en los animales, los órganos se integran en sistemas; por ejemplo, esquelético, digestivo, respiratorio, nervioso, circulatorio, reproductor, locomotor, etc.

Algunos estudiosos, principalmente de la anatomía humana, suelen diferenciar a los aparatos de los sistemas, considerando sistemas a aquellos que son formados de órganos cuyos tejidos están hechos con células del mismo tipo. Bajo este criterio, son sistemas el nervioso y el muscular; mientras los aparatos son el locomotor, el cardiovascular, el digestivo y el respiratorio.

A nivel vegetal, distinguimos el sistema radicular y vegetativo. El sistema radicular está conformado por las raíces; mientras que el sistema del vástago, por el tallo y las hojas.

7.2.3. Nivel de organización poblacional o ecológico

a. Poblacional

Una población es un conjunto de individuos de la misma especie que se ubican en un área y tiempo determinado, es decir, organismos que se reproducen entre sí originando descendencia fértil.

b. Biocenosis o comunidad biótica

Poblaciones de especies distintas que comparten un área geográfica común denominada biotopo y el mismo tiempo. Se integran en redes alimentarias y otras relaciones biológicas.

c. Biósfera

Constituida por todas las comunidades vivas que habitan el planeta. Podemos indicar que algunos investigadores denominan biósfera a toda la zona de la Tierra que presenta vida.

Nota

En la ecología, se consideran los siguientes niveles:

- **Ecosistema.** Está constituido por la interacción entre la biocenosis, comunidad de seres vivos y el biotopo, ambiente físico-químico.
- **Bioma.** Constituido por un conjunto de ecosistemas que comparten características en común.
- **Ecósfera.** Está formado por el total de ecosistemas del planeta.

7.3. EL CARÁCTER DIALÉCTICO DE LA ORGANIZACIÓN DE LA MATERIA VIVA

Desde el enfoque filosófico del materialismo dialéctico, los niveles de organización y las cualidades que se manifiestan en ellos, son interpretadas como expresión de principios dialécticos naturales. Así, en cada nivel, el conjunto de elementos constituyentes tienen propiedades cualitativamente distintas a la suma mecánica de sus componentes. Los bioelementos, cuyas propiedades químicas son específicas, constituyen moléculas con cualidades propias. A partir del nivel supramolecular, se originan estructuras fisiológica y estructuralmente autónomas: las células. Las células son cualitativamente diferentes a la suma de sus partes, ya que exhiben vida. Un sistema integra los órganos, cuyas propiedades no solo significan la suma de cada uno, sino una forma cualitativamente diferente.

7.4. LA MATERIA VIVA COMO SISTEMA COMPLEJO

El surgimiento de la teoría general de sistemas a mediados del siglo XX, como un conjunto de conceptos y leyes de valor general aplicables a la realidad, incorpora categorías que en la interpretación materialista dialéctica tienen otra forma. Así las cualidades nuevas que aparecen en cada nivel corresponden a la cualidad de emergencia. En ese contexto, Maturana planteó la propiedad de autopoyesis, que alude a la autoorganización o capacidad de generar la organización biológica en diversos niveles mediante procesos internos.

7.5. AUTOCONSERVACIÓN EN LOS SERES VIVOS

En el nivel individual, los seres vivos son sistemas bioquímico-energéticos que, en general, involucran la interacción de sustancias y energía en un flujo constante y equilibrado. La integración de sus componentes al resto de materia terrestre les proporciona individualidad y estabilidad.

Al estar constituidos de sustancias químicas, involucran también la energía que cada átomo o molécula contiene, absorbe y emite como consecuencia de sus interacciones. La estabilidad del sistema solo se puede mantener con la incorporación permanente de energía, de modo directo o a través de moléculas y reacciones químicas. En este proceso ininterrumpido, algunos componentes son desplazados a otros lugares o fuera del sistema, generando un flujo constante de materiales y energía.

La organización de los sistemas vivientes permite que cada fenómeno ocurra dentro de ciertos límites químicos y energéticos. Cuando el umbral se sobrepasa se entra en desequilibrio. Los desequilibrios se traducen en manifestaciones a nivel celular, orgánico, sistémico o incluso en el individuo. La medicina moderna parte de estos principios para entender la etiología o causa de las enfermedades y apuntar a su tratamiento.

Los procesos descritos están sujetos a las leyes naturales. Las manifestaciones de esas leyes sistemáticas corresponden a las propiedades de los organismos individuales, tales como autopoyesis, intercambio de materia y energía, metabolismo, homeostasis, crecimiento, irritabilidad y reproducción.

7.6. AUTOORGANIZACIÓN EN LOS SERES VIVOS

Es la propiedad de todos los seres vivos de generar su propia organización. Se manifiesta a través de los diferentes niveles de complejidad que se observa en la naturaleza viviente.

Cada organismo contiene solo aquello que es necesario para mantener su organización específica y sus funciones vitales, los materiales involucrados cumplen un papel. La necesidad de una sustancia está determinada por la integración de esta al conjunto y su influencia en otros componentes.

La forma más simple de autopoyesis se observa en los procesos de síntesis biológica, en la elaboración de las moléculas que les son necesarias y en la incorporación de aquellas cuya elaboración no pueden realizarla. En los organismos pluricelulares, la autopoyesis tiene su expresión en la ontogenia, que pasa por etapas sucesivas de diferenciación celular y formación de tejidos, los que progresivamente se integran en los procesos fisiológicos.

La reproducción evidencia la capacidad de generar autónomamente nuevos individuos, cuando las condiciones lo determinan.

Todos los fenómenos que involucra la autopoyesis son el resultado de la evolución que la materia viva ha experimentado desde su origen. En ese devenir, los organismos han desarrollado mecanismos de control interno, a nivel molecular, celular y orgánico. El eje de control se encuentra a nivel del material hereditario. Los genes contienen la información necesaria que dirige las funciones, controla las características y permite que un organismo específico se haga cualitativamente diferente a los demás, durante su desarrollo.

Algunos interpretan este fenómeno, como una direccionalidad teleológica, un propósito predeterminado: nada más alejado de las ciencias naturales. El fundamento de la autopoyesis no es el cumplimiento de un objetivo, sino la manifestación de las propiedades materiales.

7.7. INTERCAMBIO DE MATERIA Y ENERGÍA

Los seres vivos son sistemas abiertos, captan y eliminan algún tipo de materia y energía.

Una forma sencilla de intercambio de materia y energía se encuentra en la absorción de energía luminosa, en la incorporación de las sustancias requeridas para la fotosíntesis en las plantas y en la eliminación de los residuos generados. Un proceso análogo es la captación de sustancias orgánicas nutritivas durante la alimentación de los animales y la eliminación de lo no digerido y de los desechos formados durante la digestión y el metabolismo catabólico.

En este caso, la incorporación de materia es paralela al ingreso de energía puesto que cada molécula contiene una cierta cantidad de energía a nivel de sus enlaces químicos.

Otras manifestaciones del intercambio son el ingreso de agua y sales minerales requeridos en la fisiología, y la pérdida de agua durante la transpiración y excreción. La disipación de calor, luminosidad, fosforescencia, fluorescencia y generación de movimiento son formas de pérdida energética, por transformación a otras formas.

El ingreso de materia y energía se acopla a las transformaciones metabólicas y a los mecanismos de homeostasis.

7.8. TRANSFORMACIÓN DE MATERIA Y ENERGÍA: EL METABOLISMO

En el interior de las células, miles de reacciones bioquímicas integradas ocurren sin interrupción. En ellas, algunas sustancias se descomponen y otras se elaboran, mientras paralelamente ingresa y sale materia y energía. Los cambios en la composición y nivel energético que generan sirven para mantener la estabilidad del sistema.

El metabolismo se subdivide para fines prácticos en catabolismo y anabolismo, sin que esto signifique establecer una división absoluta del proceso metabólico. Son procesos complementarios que constituyen una unidad. En el nivel biológico, a diferencia de la materia inerte, las reacciones ocurren en secuencias continuas denominadas rutas o vías metabólicas.

7.8.1. Catabolismo

Corresponde a las reacciones donde moléculas grandes se transforman en formas más simples y sencillas. Involucra generalmente la liberación de energía, ya sea bajo la forma de calor, luz, fluorescencia o la transferencia hacia moléculas especializadas como ATP (adenosin trifosfato). Las reacciones rutas bioquímicas que generan liberación de energía, son denominadas exergónicas; por ejemplo, la glucólisis y las reacciones de la cadena respiratoria.

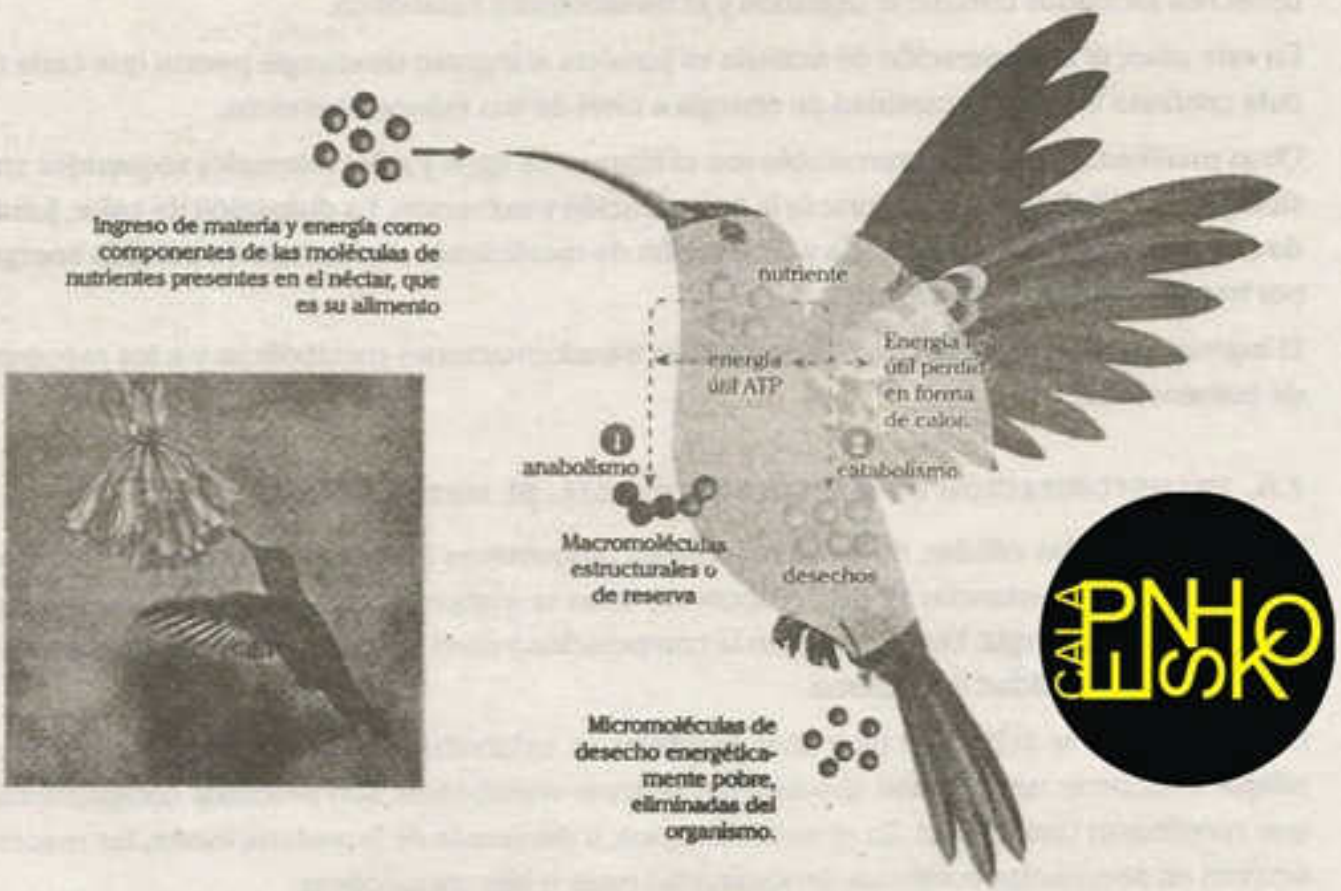
7.8.2. Anabolismo

Es lo opuesto al catabolismo. Involucra la utilización de moléculas pequeñas para sintetizar otras más grandes. En este caso, se consume energía en la formación de enlaces, por lo cual las vías metabólicas son denominadas endergónicas. El anabolismo permite la acumulación ordenada de materiales, ya sea para el crecimiento, almacén o sustitución de aquellos que se van perdiendo. Por ejemplo, se encuentra en la síntesis de proteínas, lípidos y ácidos nucleicos.

7.8.3. Integración de vías metabólicas

El catabolismo y el anabolismo se integran de tal manera que los metabolitos (sustancias en transformación) y la energía fluyan de un proceso catabólico a uno anabólico.

Las vías metabólicas que cumplen doble propósito, es decir, con fines de catabolismo y anabolismo son denominadas anfibólicas. El ciclo de Krebs es una vía anfibólica mientras que el ciclo de Calvin es una vía anabólica.



Los seres vivos son sistemas bioquímicos-energéticos, captan y eliminan algún tipo de materia y energía; desarrollándose un flujo constante y equilibrado, proporcionándole individualidad y estabilidad. Por ejemplo, los colibríes obtienen materia y energía del néctar de las flores.

7.9. HOMEOSTASIS

Es el estado de equilibrio dinámico que caracteriza a los seres vivos, manifestado en sus componentes y procesos. La homeostasis les permite conservar sus propiedades y funcionar eficazmente. Los mecanismos involucrados se denominan mecanismos homeostáticos. Son manifestaciones de la homeostasis los mecanismos de regulación hídrica, la conservación de temperatura, el control de la síntesis molecular, etc.

Para que ocurra la homeostasis, el ser vivo debe regular el ingreso y salida de sustancias, metabolismo e interacción de sus componentes. En la regulación, participan mecanismos físico-químicos y bioquímicos dependientes de la naturaleza química de las biomoléculas y sus propiedades. Son manifestaciones de la homeostasis los mecanismos de regulación hídrica, la conservación de temperatura, el control de la síntesis molecular, etc.

En los organismos inferiores, la homeostasis es mantenida a nivel celular. Los organismos superiores han desarrollado complejas relaciones entre sus tejidos y órganos, tales como regulación hormonal y otros mecanismos mediante mensajeros moleculares intercelulares.

La homeostasis tambien ocurre a nivel poblacional y en las comunidades, mediante la reproducción y cadenas alimentarias se conserva la proporción de individuos. Otro factor en este hivel son las migraciones hacia y del ecosistema.

Los pelícanos están provistos de una bolsa, el gular, que les permite pescar. Mantienen su equilibrio interno eliminando ácido úrico, el exceso de iones mediante glándulas de la sal que desembocan en las fosas nasales, además, conservan su temperatura constante gracias a las plumas y mantienen el pH sanguíneo por el tampón ácido carbónico-bicarbonato.

7.10. IRRITABILIDAD Y RELACIÓN CON EL AMBIENTE

Es la capacidad que tienen los seres vivos para percibir sus componentes y estructuras, y generar cambios frente a las variaciones, o respuestas a cada situación particular. Un aspecto de la irritabilidad en relación al exterior es la relación entre los procesos fisiológicos y las condiciones ambientales físicas , químicas y la presencia de otros seres vivos. Cualquier aspecto de la realidad sujeto a la percepción es considerado un estímulo, por lo general son fenómenos físicos y químicos o cambios en la composición. Las modificaciones a nivel celular, organológico o sistémico, generadas por la percepción del estímulo constituyen la respuesta.

La conversión de los estímulos en una respuesta inmediata o mediata, al igual que la sensibilidad, está ligada a estructuras celulares y tisulares.

7.10.1. Sensibilidad

Es la capacidad para detectar cualquier cambio en el interior o exterior del organismo.

En los organismos unicelulares más sencillos, existen moléculas que experimentan diversos cambios en su conformación, activándose, y a la vez induciendo la actividad de otros componentes. Estas moléculas denominadas receptores se encuentran distribuidas en la estructura celular, a nivel de las membranas y el citoplasma.

Por su parte, las algas de gran tamaño y las plantas poseen componentes membranosos denominados fitocromos, sensibles a la luz, que al contacto con el estímulo, transfieren la señal al citoplasma, originando cambios en los estados de agregación molecular, activación de enzimas, síntesis de moléculas activas y otros mecanismos. Las células y los órganos vegetales responden de esta manera a los estímulos luminosos a través de diversos efectos, como la elongación, la ciclosis, etc.

En los animales, las células especializadas en la captación de estímulos son las neuronas y estructuras conectadas a ellas, las estructuras más complejas son los órganos de los sentidos. Por ejemplo, las variaciones en la presión osmótica (concentración de sales y agua) de los fluidos corporales son percibidas en el centro de la sed localizado en el hipotálamo, desencadenando la sensación de sed. A nivel de los órganos sensoriales de los animales, se lleva a cabo el proceso de transducción o transformación de un estímulo en señal eléctrica o impulso nervioso.

7.10.2. Respuesta

Son los cambios fisiológicos y estructurales que permiten al organismo los ajustes a la presencia de un estímulo, constituyen mecanismos a través de los cuales el organismo se adapta a la condición del fenómeno que lo genera. Algunas respuestas se producen rápidamente como los reflejos, mientras otras son de mayor tiempo como el cambio de color al madurar los frutos o la pigmentación de la luz frente a la insolación

A nivel celular, involucra principalmente cambios moleculares, citoplasmáticos y en el material genético. En los animales, involucra la interconexión sináptica entre neuronas de diferentes estructuras cerebrales o centros nerviosos.

La respuesta de los seres vivos integra varios tipos de fenómenos: movimiento, cambios en el metabolismo, secreción, adaptaciones conductuales, etc. En la respuesta ocurre la intervención de los componentes moleculares de las células y a las células mismas en una integración que garantiza el retorno hasta las condiciones previas al estímulo, o la generación de nuevas condiciones compatibles con la homeostasis y la supervivencia. Las formas más comunes de respuesta se encuentran en el nivel bioquímico y no son observables a simple vista.

Las vicuñas son irritables, por lo que son capaces de responder velozmente ante el ataque de los pumas andinos. Sin esta capacidad ya se habrían extinguido hace cientos de años. Actualmente, están catalogadas como especie en situación vulnerable.

a. Movimiento

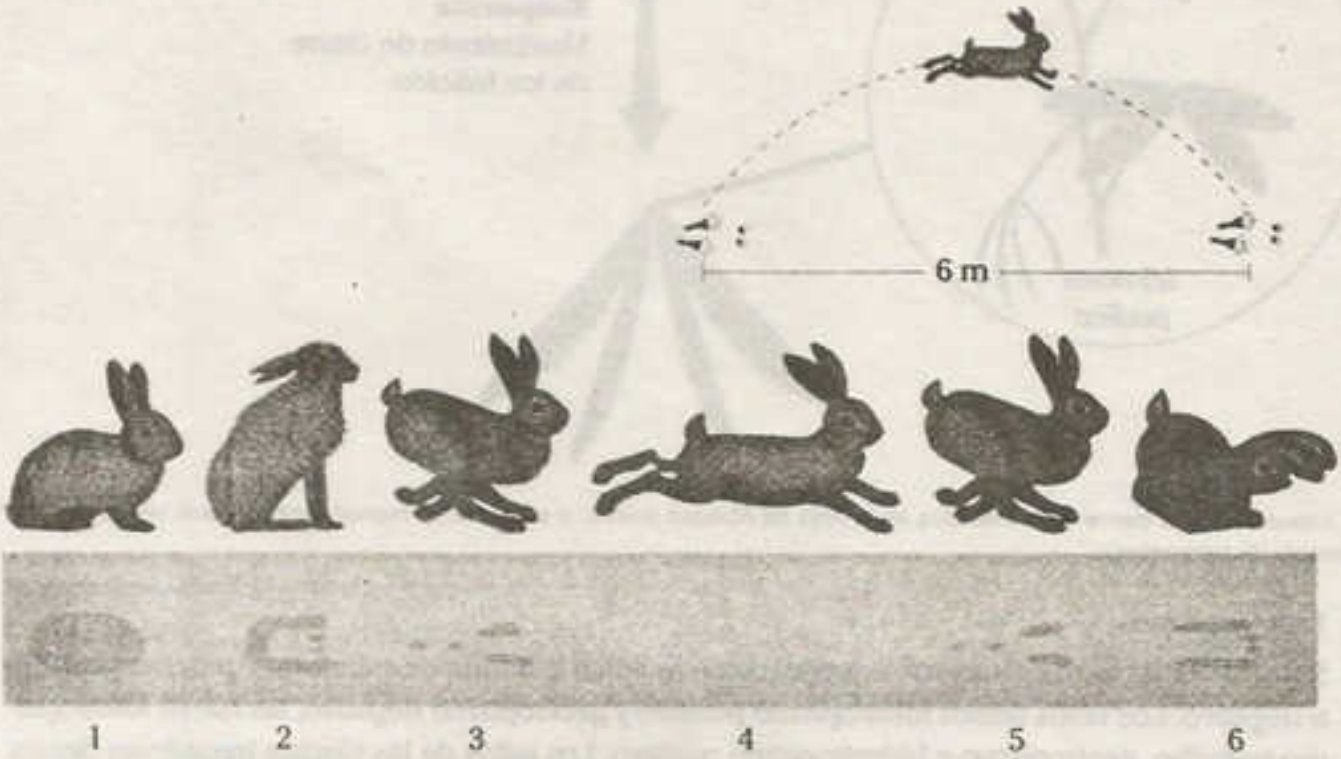
Los diferentes tipos de movimiento constituyen la forma más visible de respuesta, tanto así que se considera como una característica en sí de los organismos. Existen diversos tipos de movimiento.

La forma más sencilla de movimiento corresponde al movimiento molecular a nivel del citoplasma, la membrana y entre las células de los tejidos.

Las taxias

Son movimientos de desplazamiento propios de animales, protozoarios y bacterias. Cuando ocurren hacia la fuente del estímulo son taxias positivas, su alejamiento cuando el estímulo es nocivo son taxias negativas. Si el movimiento se da en respuesta a sustancias químicas se denomina quimiotaxia, y si se da en respuesta a la luz fototaxia.

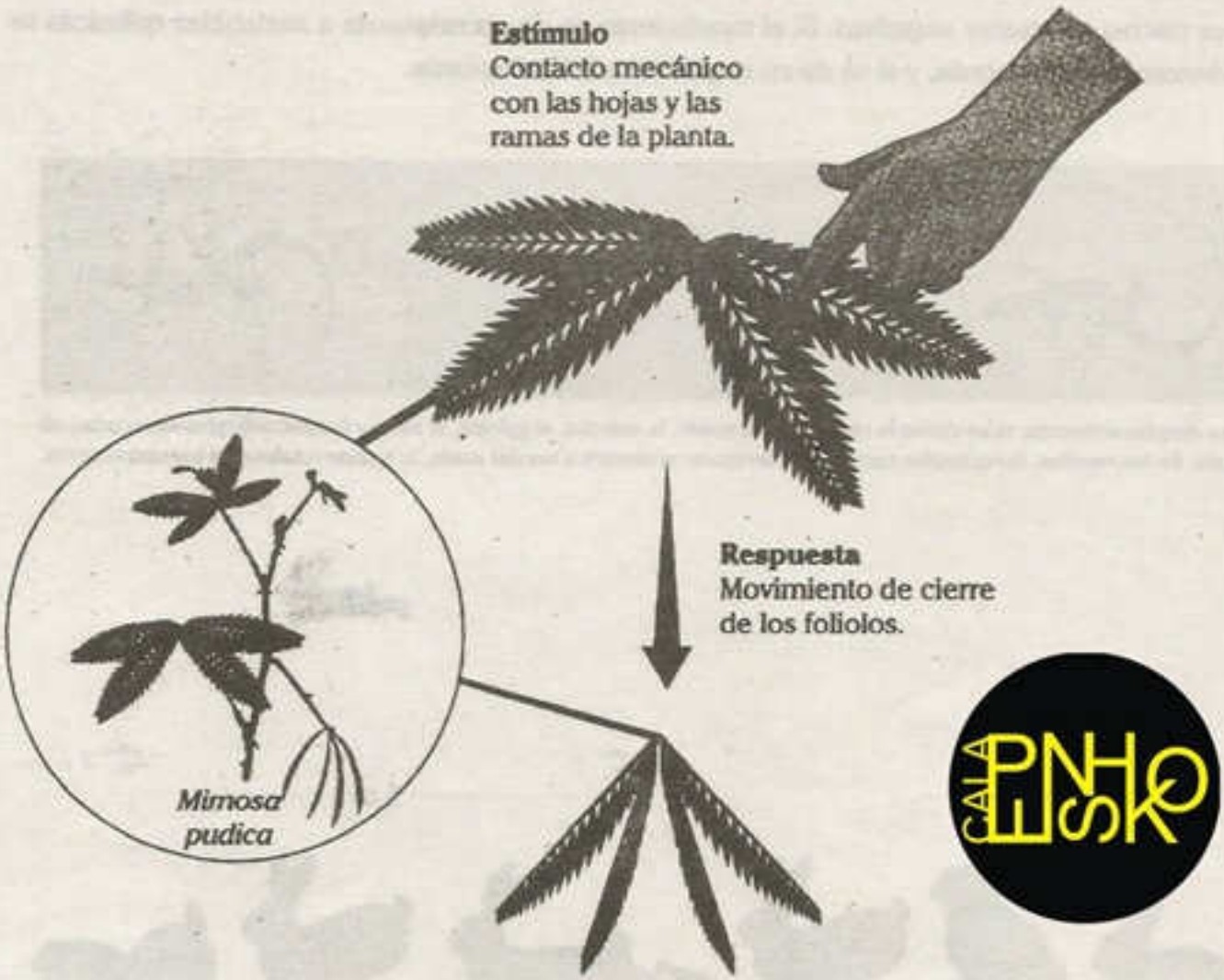
Los desplazamientos, tales como la reptación, el vuelo, la marcha, el galope, el salto y la natación, son variedades de taxia. En los reptiles, la reptación consiste en arrastrar el vientre a ras del suelo, lo que se relaciona a las patas cortas.



Los seres vivos responden a los estímulos de diversas maneras, una de las formas de respuesta es el movimiento de huida para garantizar su supervivencia. En el esquema, los saltos de las liebres pueden llegar a 6 metros de largo.

Las nastias

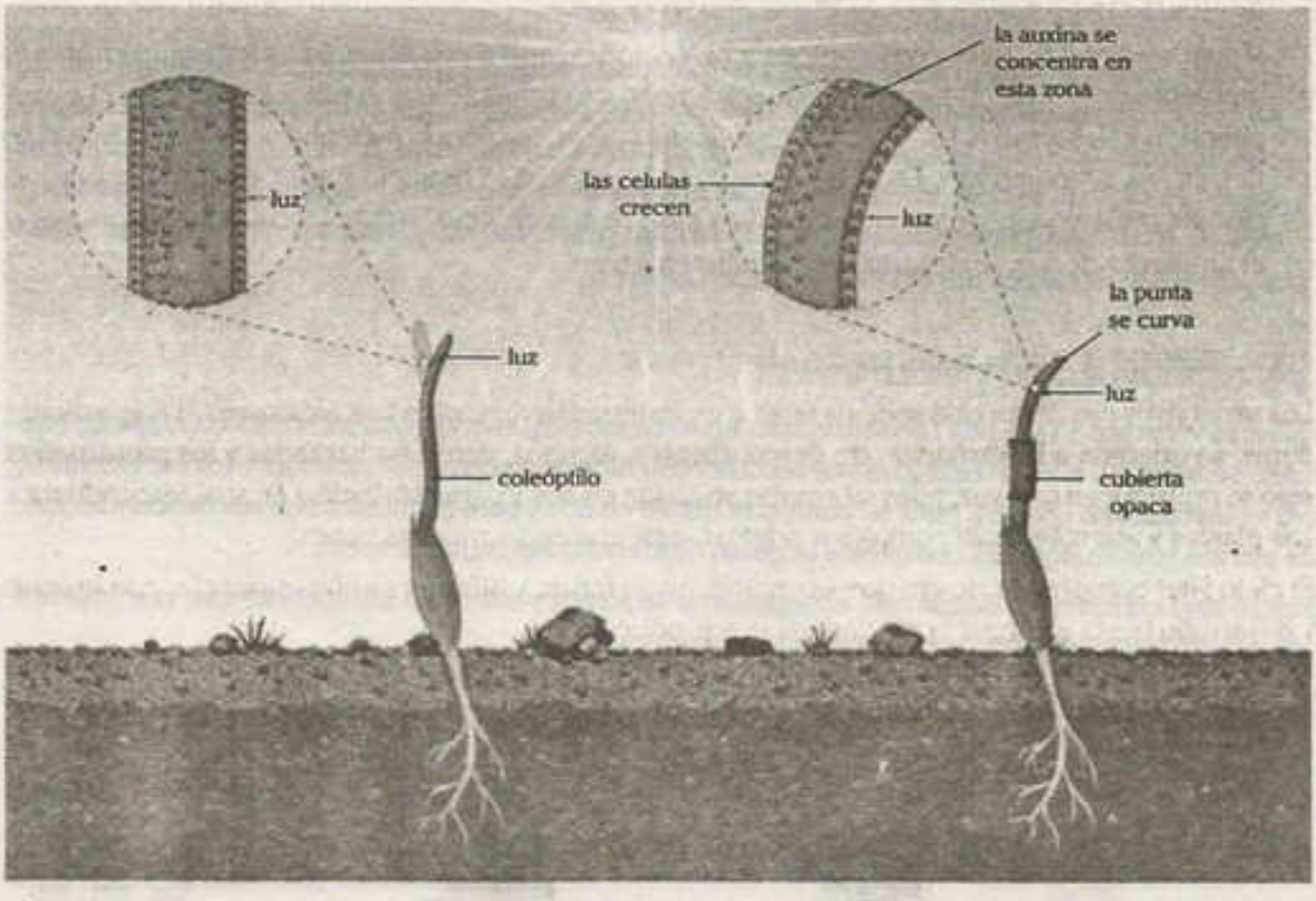
Las nastias que se observan en las plantas son movimientos no orientados por la fuente de estímulo y que se dan en una porción del cuerpo vegetal. El movimiento de cierre de los foliolos en las hojas de la *Mimosa pudica* o "sensitiva" y el cierre de las hojas en la "atrapamoscas venus" son ejemplos de tigmonastia. La apertura de la estructura floral en presencia de luz es un fenómeno de fotonastia. En las plantas, una disminución de la cantidad de agua genera marchitamiento, un mecanismo que permite reducir la transpiración y ahorrar agua. Las nastias se encuentran vinculadas a cambios en la turgencia vegetal.



El movimiento de cierre de los foliolos en la hoja de *Mimosa pudica*, o sensitiva, al menor contacto con un objeto es ejemplo de tigmonastia.

Los tropismos

Son la orientación del desarrollo vegetal con relación a la fuente de estímulo: puede ser positivo o negativo. Los tallos tienen fototropismo positivo y geotropismo negativo, las raíces fototropismo negativo, geotropismo e hidrotropismo positivo. Los tallos de las plantas trepadoras tienen tigmotropismo positivo. Los tropismos se deben a cambios en la extensión y forma de las células, están controlados por las hormonas auxinas.



La luz que incide en un coleóptilo en crecimiento (como el ápice de esta plántula de avena) hace que se curve hacia ella. La razón de este movimiento de crecimiento es la hormona auxina que causa la elongación celular en la zona donde se concentra, esta forma de respuesta a la luz se denomina fototropismo positivo.

b. Los cambios fisiológicos

Las modificaciones en la fisiología son denominadas adaptaciones fisiológicas.

Secreción de hormonas

Los cambios fisiológicos orgánicos involucran la intervención de mediadores de respuesta, las hormonas. Así por ejemplo, la pérdida de agua por una excesiva transpiración es captada por las neuronas del centro de la sed, sensibles al desequilibrio que se produce entre el entorno y el citoplasma. La respuesta que se desencadena ocurre en los riñones, donde la aldosterona, hormona producida y liberada por las glándulas suprarrenales, promueve el ahorro del ion sodio y agua hacia la sangre; paralelamente, la hormona antidiurética, producida por el hipotálamo y liberada a la sangre por la neurohipófisis, favorece también la reabsorción de agua hacia la sangre.

La elevación en la cantidad de glucosa sanguínea induce la liberación de la hormona insulina, por parte del páncreas; mientras que una disminución estimula la secreción de la hormona glucagón. Los cuadros de hipoxia tisular (disminución de oxígeno en los tejidos) estimulan la liberación de eritropoyetina, por parte de los riñones, que promueve la formación de eritrocitos.

En las semillas, el contacto con agua y sustancias del suelo promueve la producción de hormonas, dentro de las que destacan las giberalinas que inducen la germinación.

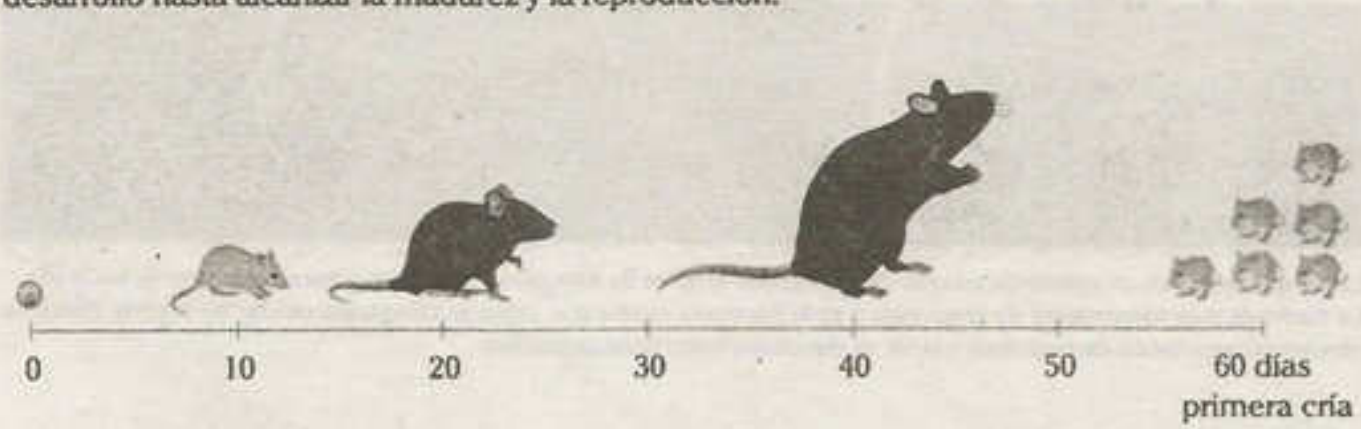
Adaptaciones cromáticas y cambios morfológicos

Muchos animales, tales como pulpos y camaleones, suelen cambiar de color según el tipo de ambiente donde se encuentran, este fenómeno es conocido como mimetismo, y en él se encuentran involucrados los cromatóforos, células que contienen pigmentos y cuya distribución determina la coloración. En el hombre, la exposición a la radiación solar estimula la producción de melanina, pigmento cutáneo. Las plantas presentan diferentes formas vegetales según el ambiente donde se desarrollen, acuático o aéreo.

7.11. REPRODUCCIÓN Y CICLO VITAL

Los seres vivos pasan por una serie de etapas en su desarrollo, cuando han alcanzado la etapa de madurez, se orientan a la formación de descendientes. Algunos, como las bacterias y los protozoarios, solo se reproducen una vez, pues su cuerpo se divide en dos y para distribuirse en sus descendientes. Las plantas y animales más complejos originan descendientes muchas veces.

El ciclo vital comprende desde que el organismo se forma y adquiere independencia, crecimiento y desarrollo hasta alcanzar la madurez y la reproducción.



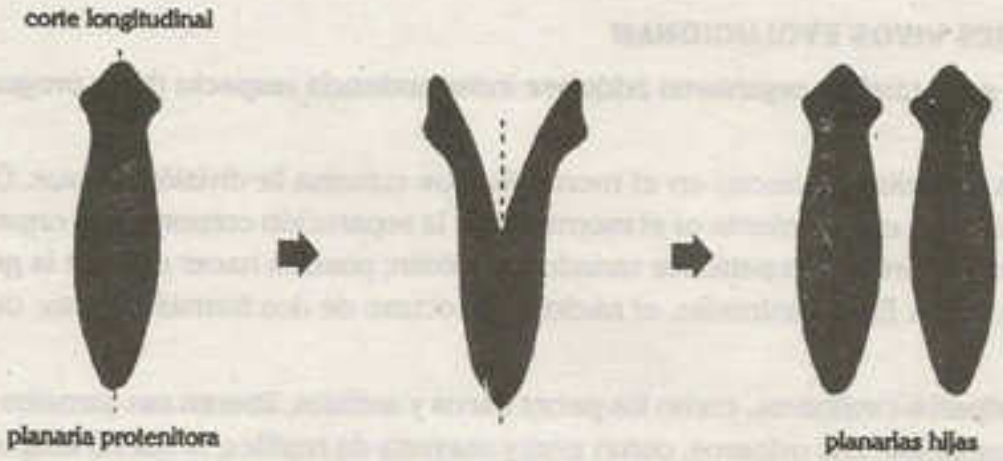
El ratón casero se reproduce enormemente. Las crías nacen desnudas y ciegas. Al cabo de 20 días se independizan de la madre, y a los 40 días ya son adultas; el tiempo de gestación dura aproximadamente 20 días.

7.11.1. Reproducción

Es la capacidad de los organismos para dar origen a otros individuos semejantes al antecesor. En los organismos unicelulares, involucra a las células como individuos independientes, mientras que en los multicelulares, generalmente suelen participar células especializadas en la función reproductiva.

a. Reproducción asexual

Se le denomina clonación natural porque la descendencia es una réplica exacta del progenitor. Los organismos unicelulares se reproducen asexualmente por división celular, algunos organismos pluricelulares presentan reproducción asexual. Hay animales que realizan mecanismos de fragmentación corporal, gemación o estrobilación. En algunas plantas se observa la reproducción asexual por medio de tallos, como rizomas, tubérculos estolones o bulbos. El mecanismo de división celular mediante el cual se lleva a cabo la reproducción asexual en la mayoría de organismos es la mitosis. En bacterias es por división directa amitótica.



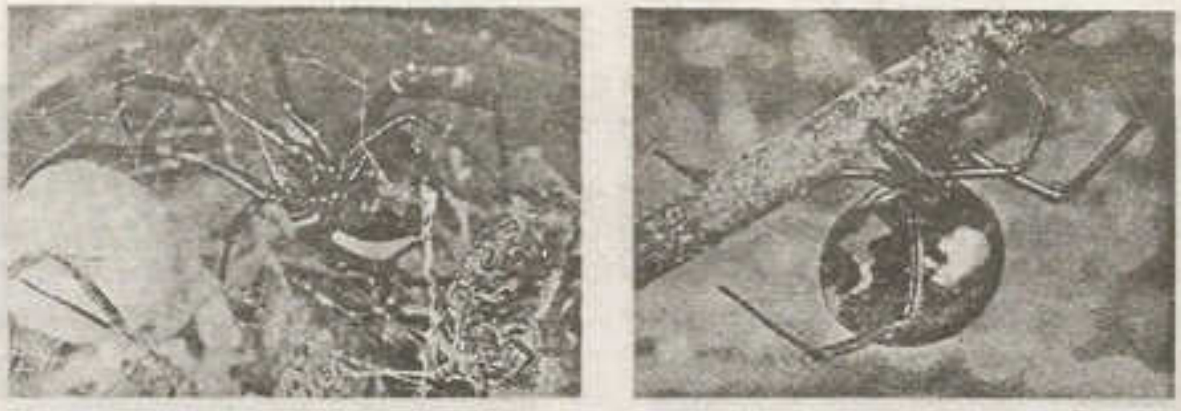
Las planarias son gusanos que se reproducen asexualmente por fragmentación, a partir de los fragmentos del progenitor se generan dos nuevos individuos. Las planarias hijas son genéticamente idénticas.

b. Reproducción sexual

La sexualidad origina descendencia en la cual se observa cierta variación individual, pero sin salir del patrón general de la especie. Los mecanismos sexuales no están totalmente diferenciados en el nivel unicelular. La sexualidad comprende la transferencia y mezcla de material hereditario, como ocurre en las bacterias y protozoarios.

En los pluricelulares, se requiere la participación de órganos y células especializadas. Los órganos de sexualidad, denominados gónadas en los animales y plantas, o gametangios en protistas y hongos, generan células especializadas; los gametos, se unen durante la fecundación y originan huevos o cigotos que son las células que inician la formación de los nuevos individuos, los que pasan por el nacimiento, desarrollo y maduración.

En este tipo de reproducción, la cantidad de individuos suele ser mayor que en los mecanismos asexuales. En algún momento del proceso reproductivo, ocurre una forma especial de división celular denominada meiosis.



Las arañas solo tienen reproducción sexual. En las viudas negras, luego que la hembra recepciona el líquido seminal suele devorar al macho si este es lento y torpe.

Una forma especial de reproducción sexual es la **partenogénesis**, en la cual las crías se desarrollan a partir de gametos sin fecundación.

7.12. LOS SERES VIVOS EVOLUCIONAN

Es el momento en el cual un organismo adquiere independencia respecto de su progenitor o progenitores.

Los organismos unicelulares nacen en el momento que culmina la división celular. Cuando hay reproducción asexual, el nacimiento es el momento de la separación corporal. Los organismos con reproducción sexual presentan patrones variados; también, pueden nacer durante la germinación de esporas o semillas. En los animales, el nacimiento ocurre de dos formas básicas: oviparismo y viviparismo.

Los animales ovíparos-ovulíparos, como los peces óseos y anfibios, liberan sus gametos femeninos antes de la fecundación. Los ovíparos, como aves y mayoría de reptiles, lo hacen después de la fecundación. Los vivíparos, como los primates, paren a sus crías después del desarrollo embrionario.

Un patrón de nacimiento especial es el de los ovovivíparos, cuyas crías nacen vivas, pero a partir de huevos que se conservan durante el desarrollo embrionario en el cuerpo de la madre. Tal es el caso de algunos tiburones y serpientes.

Eclosión de un huevo de mamba verde. Este animal es una serpiente que presenta parto ovíparo. Sus huevos son amniotas, con varias membranas (amnios, corión y alantoides) que les permiten desarrollarse fuera del agua.

Los delfines son mamíferos vivíparos placentarios. Los embriones se nutren a través de un cordón umbilical hasta el nacimiento, luego del cual son amamantados.

Los canguros son mamíferos vivíparos aplacentarios. Sus crías nacen vivas, pero inmaduras, porque dentro de la madre no se formó placenta, completan su desarrollo fuera del útero materno en una bolsa denominada marsupio. A la izquierda, se observa la imagen de un feto de canguro en la región pélvica de su madre; y a la derecha, la madre lleva a la cría en el marsupio, donde la cría está lista para salir de él. En el proceso de parto, la madre insalivó su vagina hasta el marsupio, marcando el camino para el feto.

7.11.3. Crecimiento, desarrollo embrionario y maduración

El crecimiento corporal es el aumento de la masa corporal. El desarrollo embrionario u ontogenia es la formación progresiva de los órganos y adquisición de las características de un individuo típico. La maduración es la culminación del desarrollo con la adquisición de cualidades que permiten su reproducción.

En los organismos unicelulares, esta categorización no es tan notoria como en los pluricelulares. El crecimiento o aumento de la masa celular es correlativo con el desarrollo hasta que el tamaño, las condiciones y los mecanismos de regulación inducen la división.

a. Patrones de crecimiento

En los pluricelulares, el crecimiento se refiere al aumento de la masa sin involucrar diferenciación. Las larvas de muchos animales crecen en volumen, durante un periodo, hasta el momento en que se inducen los cambios morfológicos. El cuerpo de muchas plantas y algas, así como los cuerpos filamentosos de muchos hongos (hifas), crece sin que ocurra diferenciación.

El cuerpo de la mayor parte de animales presenta un patrón simétrico y limitado; por su capacidad de movimiento, busca el espacio más apropiado a sus necesidades; también su crecimiento tiene un límite, con excepción de los animales sésiles. En las plantas, algas, hongos y algunas variedades de bacterias, el crecimiento es ilimitado, depende en gran medida del espacio disponible.

b. Patrones de desarrollo

El desarrollo u ontogenia de los organismos pluricelulares se inicia a partir de la fecundación, una vez formado el cigoto. En los animales y plantas, el desarrollo se acompaña de diferenciación tisular y orgánica. El crecimiento de los órganos en los animales sigue un patrón alométrico, es decir, no todos los órganos crecen al mismo tiempo, por lo que el desarrollo corporal es progresivo, a diferencia de las plantas en las cuales los órganos se desarrollan paralelamente.

c. El desarrollo y la maduración

Los cambios morfológicos del desarrollo conducen a la madurez sexual o adquisición de la capacidad para reproducirse sexualmente. Algunos organismos, una vez alcanzado este estado, se reproducen una sola vez, como ocurre con los cereales y animales invertebrados. Los árboles frutales y animales vertebrados se reproducen muchas veces durante su vida.

Cuando entre la forma inmadura y la forma adulta existe un notorio cambio en su morfología y modo de vida, se afirma, se dice que ocurre desarrollo con metamorfosis. Ocurre metamorfosis en los anfibios anuros, sapos y ranas, cuya forma inmadura (renacuajo) es acuática, herbívora, con branquias; mientras los adultos son carnívoros, pueden vivir en la tierra y poseen pulmones. La metamorfosis de los anfibios anuros es regulada por la hormona tiroxina, esta hormona presenta en su estructura átomos de iodo, por lo que es importante en su dieta para lograr alcanzar una metamorfosis completa. De manera similar ocurre en un grupo de insectos donde la hormona ecdisona estimula la metamorfosis.

Algunos animales, como las salamandras, alcanzan la madurez sexual sin cambiar su morfología juvenil. A este fenómeno se le denomina neotenia.

7.12. LOS SERES VIVOS EVOLUCIONAN

La evolución biológica es un principio integrador de la biología. Enunciado desde la época de los naturalistas griegos, coloca su corolario en la moderna comprensión sintética del proceso evolutivo de la materia, y su aplicación para los seres vivos. Según los avances de la ciencia, concluimos que no es posible entender nada en biología si no es a la luz de una concepción evolutiva.

7.12.1. El origen de los seres vivos

Todos los seres vivos que pueblan la Tierra son consecuencia de un largo proceso evolutivo, a partir de formas de vida muy simples que han ido haciéndose más complejas.

El origen de los primeros organismos se explica mediante los mecanismos de transformación de la materia no viva. La ciencia ha establecido que los primeros organismos vivos se originaron hace unos 4 000 a 4 200 millones de años.

7.12.2. La evolución de los organismos

Desde su origen, los seres vivos, debido a sus características materiales, están sujetos a modificaciones naturales. Los diferentes niveles de complejidad que se observan en el mundo vivo es una consecuencia natural de esas modificaciones, cuya continuidad está sujeta a la mayor o menor capacidad para autoconservarse a través del tiempo. Así, los organismos, cuya organización y función los dota de mejores condiciones para mantenerse estables y reproducirse, son los que se mantienen vivos y logran conservarse en espacio y tiempo.

En cada generación reproductiva aumenta la variabilidad y también las alternativas de mantenerse vivo o perecer en las interacciones con otros organismos y el ambiente. Este principio fue enunciado inicialmente por Darwin y engloba no solo a los organismos actuales, sino también a los más primitivos y a las primeras entidades biológicas, desde que la material dio origen a los primeros seres vivos sobre la tierra primitiva.

Los diversos procesos fisiológicos y mecanismos de respuesta frente a los estímulos, que se observa en animales y plantas, constituyen expresión de la evolución en diferentes niveles. De allí que los organismos, capaces de responder apropiadamente a cada circunstancia beneficiosa o perjudicial, son determinados como aptos, es decir, poseen las características que les garantizan la supervivencia y la continuidad reproductiva.

De la eficacia relativa de sus mecanismos de respuesta dependerá la supervivencia de un organismo; y al existir variabilidad entre los individuos de una población, algunos cuentan con mejores posibilidades que otros. Los más aptos sobreviven, los menos aptos se extinguen.

Generalmente, se conservan los restos y los rastros de los seres extintos, a los que se denomina fósiles; estos constituyen pruebas directas de la evolución biológica.

Las adaptaciones ocurridas en el proceso evolutivo pueden clasificarse en tres tipos:

a. Adaptación morfológica o física

Involucra las modificaciones en la presencia, forma y tamaño de los órganos, incluyendo su conversion en órganos vestigiales. Son la mayoria. Ejemplo, los picos de las aves, forma dinámica de los peces y mamíferos acuáticos, etc.

b. Adaptaciones fisiológicas

Son las que tienen que ver con el metabolismo del animal y el funcionamiento interno de los diferentes órganos, como ocurre con los animales hibernadores y estivales.

c. Adaptaciones etológicas

Son adaptaciones en el comportamiento, como las migraciones, el cortejo, la vida en grupo, etc.

ORIGEN Y DIFUSIÓN DE LOS CAMÉLIDOS

Los camélidos derivan de *Alticamelus* que vivió hace 55 millones de años en la zona del Polo Norte. A partir de un grupo de *Alticamelus*, se originaron en el Asia los bactrianos, camellos de dos jorobas, y, en el África, los dromedarios, camellos de una joroba. Otros, al pasar a Sudamérica, originaron al guanaco, que al ser domesticado originó a la llama, y a la vicuña, que al ser domesticada originó a la alpaca.

7.13. LOS SERES VIVOS COMO SISTEMAS COMPLEJOS

El desarrollo contemporáneo de la biología ha mostrado la complejidad de lo vivo y ha hecho surgir nuevos modos de aproximación al fenómeno de la vida. Históricamente, se han dado tres grandes periodos correspondientes a otras tantas cosmovisiones: vitalista, materialista y organicista, esta última en el paradigma de la complejidad.

7.13.1. Complejidad y organización

Cada ser vivo y cada ecosistema están compuestos de numerosísimas y muy diversas partes que interactúan, intercambian materia, energía e información, de modo que se generan ciclos de retroalimentación, que permiten el mantenimiento de equilibrios homeostáticos.

7.13.2. Complejidad funcional

Cada viviente actúa sobre sus partes, las organiza y coordina de modo que resulten funcionales, es decir, que actúen a favor del conjunto, de la totalidad, del viviente como tal.

7.13.3. La vida como cualidad emergente

Los seres vivos no son solamente un cúmulo de sustancias y una suma de las cualidades de estas, sino que de la interacción surgen nuevas propiedades y con ellas la cualidad que denominamos vida con sus manifestaciones: reproducción, irritabilidad, homeostasis y evolución.

¿Qué es la vida?

La pregunta ¿qué es la vida? ha sido un rompecabezas para biólogos, físicos, teólogos y poetas. Es uno de los problemas científicos y filosóficos por excelencia y a los cuales, en la mayoría de los casos, se unen las concepciones religiosas en la búsqueda de una visión del universo, una visión del mundo y una visión del hombre.

En la mayoría de los textos biológicos que tratan el problema, se encuentran frases como: *La vida no existe como tal, nadie la ha visto; Pedir una definición de vida es pedir algo acerca de lo cual no se llega a ningún acuerdo satisfactorio; Se pueden establecer las leyes de la vida, pero no se debe esperar del biólogo alguna respuesta acerca de la íntima esencia de la vida; La vida es un axioma, un dato primordial que debe ser simplemente aceptado, no explicado.*

Si a un biólogo molecular le preguntamos ¿qué es la vida? Posiblemente no nos responda, pero si le preguntamos ¿qué caracteriza un organismo o un sistema viviente?, nos hablará de un flujo de materia, un flujo de energía y flujo de información. Un ecólogo que estudia la biología de los ecosistemas nos hablará de flujo de materia, energía y organización; y los sistemas vivientes en términos de moléculas e individuos que son capaces de autoduplicarse o reproducirse; enlaces ricos en energía, y niveles tróficos; relaciones entre entropía e información, y evolución por selección natural desde biomoléculas al hombre y ecosistemas.

Monod ha dicho que la biología es la más significativa de todas las ciencias, porque la ambición última de la ciencia es dilucidar la relación del hombre con el universo, en lo cual la biología puede contribuir desde el nivel de sus apreciaciones sobre la naturaleza del fenómeno vital. En ese camino, "la biología ha perdido hoy muchas de sus ilusiones, no busca ya la verdad, construye la suya", "actualmente ya no se interroga a la vida en los laboratorios, no se busca su ámbito, sino solamente analizar sistemas vivientes, sus estructuras, sus formas, su historia".

¿Cuál es la naturaleza de la vida? ¿Qué distingue lo vivo de lo no vivo? Para el mecanicismo, los fenómenos biológicos pueden reducirse enteramente a los fenómenos físicos y químicos. Por su parte, el vitalismo pone énfasis en la finalidad de las estructuras de los seres vivos y en un principio vital que coordina todas las actividades. Sin embargo, la mayoría de los biólogos modernos no aceptan plenamente ni el mecanismo ni el vitalismo.

Recién en la segunda década del siglo XX se empezó a encontrar una respuesta a estas preguntas. Fueron los fisiólogos quienes hablaron primero que la característica más importante que diferencia la materia viviente de la no viviente es la síntesis de material específico a partir de compuestos no específicos. Salet (1975) dice que parece existir un acuerdo unánime entre los biólogos para admitir la siguiente definición de vida: "Un ser vivo es un ensamblado material autónomo donde se realizan intercambios energéticos y químicos con el medio ambiente, que satisfacen tres fines: asimilación, autorreproducción, acomodación o autorregulación".

Adaptado de VARGAS, Orlando. *La noción de la vida en la biología contemporánea.*

Preguntas resueltas

Pregunta 1

Si deseamos saber por qué las frutas tienen un sabor especial, podemos proceder a partir de la etapa de investigación correspondiente a

A) plantear un problema.
B) elaborar hipótesis.
C) planear una investigación.
D) realizar experimentos.
E) acumular información previa.

Resolución

Desde el momento que ya nos interesa el sabor especial de las frutas, tenemos un problema identificado y una investigación por realizar, por ello buscamos información y así elaboramos hipótesis o respuestas posibles. Luego planeamos los procedimientos necesarios que posiblemente incluyan experimentos.

Clave B

Pregunta 2

Con el propósito de conocer la presencia de contaminantes químicos producto de la minería informal, se ha realizado un análisis de sangre en la población de niños que viven a orillas del río Madre de Dios. Esto es un ejemplo de

A) una observación.
B) análisis de datos.
C) trabajos experimentales.
D) determinación de un problema.
E) búsqueda de información.

Resolución

En la pregunta se indica que ya está el problema, la presencia de contaminantes provenientes de la minería informal. Por ello se planean y realiza el análisis de la sangre de los niños, que corresponde a la etapa experimental.

Clave C

Pregunta 3

Durante la etapa eliminatoria para los campeonatos de fútbol que se lleva a cabo en Sudamérica, antes de los partidos muchos equipos realizan una etapa de aclimatación a la altura cuando van a jugar en La Paz donde Bolivia tiene su sede competitiva. Indique la característica biológica fundamental que se pone de manifiesto en el proceso indicado.

A) adaptación
B) irritabilidad
C) evolución
D) homeostasis
E) metabolización

Resolución

Se plantea que los futbolistas se aclimatan a la altura, es decir, se adaptan a nuevas condiciones, para lo cual el organismo tiene la capacidad para percibir esas nuevas condiciones y realizar cambios en la fisiología corporal, incluyendo el metabolismo. La propiedad de percibir el entorno y responder a ello es la irritabilidad.

Clave B

Lumbreras Editores

Pregunta 4

El incremento de la masa muscular como consecuencia del entrenamiento que realizan los deportistas puede ser considerada como parte de la cualidad biológica de

A) evolución.
B) adaptación.
C) irritabilidad.
D) homeostasis.
E) metabolización.

Resolución

El entrenamiento sistemático es un estímulo que provoca cambios en el metabolismo celular y como consecuencia satisface una necesidad, todo ello de manera controlada o en equilibrio.

Clave B

Pregunta 5

La capacidad que tienen los organismos para controlar la síntesis y degradación de biomoléculas a nivel de las células corresponden a la característica de

A) irritabilidad.
B) homeostasis.
C) equilibrio molecular.
D) intercambio de materia.
E) metabolismo.

Resolución

Los procesos de catabolismo y anabolismo a nivel celular se realizan de tal manera que no se rompa el equilibrio estructural y fisiológico, está mediado por la irritabilidad y se requiere intercambio de materia y energía.

Clave B

Pregunta 6

El empleo de las sustancias orgánicas como fuente de energía por parte de las células, es una cualidad biológica que corresponde

A) a la adaptación.
B) a la nutrición.
C) al catabolismo.
D) a la homeostasis.
E) al anabolismo.

Resolución

Cuando las sustancias orgánicas se utilizan como fuente de energía son metabolizadas hasta sustancias más sencillas, liberando la energía de sus enlaces mediante reacciones bioquímicas integradas. Esto corresponde a procesos de catabolismo.

Clave C

Pregunta 7

La niña Heidi, ayudando a su madre en la cocina, sufrió accidentalmente un pequeño corte en la palma de su mano derecha. Después de algunos días, la mano se observa como antes del corte. La característica biológica que se evidencia es de

A) regeneración.
B) adaptación.
C) homeostasis.
D) conservación.
E) autoorganización.

Resolución

Mediante la cicatrización se mantiene la estructura de la piel que fue dañada, esto es una forma de conservar la unidad del organismo u homeostasis corporal.

Clave D

Lumbreras Editores

Pregunta 8

La alimentación humana incluye una diversidad de productos, sin embargo, entre los componentes del cuerpo, no se encuentran la mayoría de sustancias que componen los alimentos. La conversión del alimento en biomoléculas propias se realiza mediante procesos de transformación que no incluyen

A) liberación de energía.
B) consumo de energía.
C) ruptura de enlaces.
D) formación de enlaces.
E) procesos físicos nucleares.

Resolución

La transformación bioquímica comprende ruptura y formación de enlaces, así como liberación y consumo de energía. Lo que no incluye son los procesos nucleares como fisión y fusión que corresponden a fenómenos físicos.

Clave E

Pregunta 9

El crecimiento continuo de las uñas y cabello son procesos fisiológicos que pueden ser considerados como parte de la

A) adaptación.
B) maduración.
C) regeneración.
D) homeostasis.
E) sensibilidad.

Resolución

La generación constante de uñas y cabello permite que se conserve la estructura de la piel y sus anexos, incluye la maduración de las células. La regeneración que ocurre es parte de la homeostasis corporal.

Clave D

Pregunta 10

Cuando somos estudiantes, muchas veces utilizamos las horas nocturnas en estudiar algunos temas. Con el paso de los días se genera la costumbre y demoramos en conciliar el sueño. Esta es una manifestación de que poseemos

A) sensibilidad.
B) adaptación.
C) irritabilidad.
D) equilibrio.
E) evolución.

Resolución

La capacidad para responder a los estímulos internos y externos es la irritabilidad, lo cual trae como consecuencia adaptación a las nuevas circunstancias, y todo ocurre sin ruptura del equilibrio relativo.

Clave C

Pregunta 11

Históricamente se han desarrollado tres concepciones sobre los seres vivos: el vitalismo, el mecanicismo y el de la teoría de sistemas. En la concepción sistémica, la vida es considerada una cualidad

A) orgánica. B) estructural. C) emergente.
D) compleja. E) funcional.

Resolución

El paradigma actual para el análisis de la mayoría de fenómenos es el de la complejidad, en ese contexto se observan cualidades que surgen por la interacción de otros elementos con características propias. Así se considera que la vida es una cualidad emergente producto de la interacción de la materia orgánica en diferentes niveles.

Clave C

Lumbreras Editores

A todo el público en general:

El Proyecto Modo Scan+100, nace de una idea del **Team Calapenshko**, el cual es difundir todo aquel texto inédito que no esté circulando en la red.

Nuestro Grupo Calapenshko hace el mejor esfuerzo para digitalizar este libro, y así usted estimado lector pueda obtener la mejor experiencia que toda persona desea al abrir un libro.

Este proyecto llega gracias a las **donaciones que se pudo obtener de 100 personas** comprometidas con el proyecto **MODO SCAN+100**.

Este libro no debe ser prostituito monetariamente, este libro no debe ser coleccionado, este libro debe ser destruido analíticamente, así que te invito a leerlo.

No pagues por este libro de **circulación gratuita**, búscalo en la red.

Atentamente, el **GRUPO CALAPENSHKO**

18 de agosto del 2020

Preguntas propuestas

1. Un estudioso de la naturaleza, después de un recorrido por una región montañosa de Centroamérica, considera que ha encontrado una nueva especie de orquídea. Como parte de la investigación científica, esta puede ser considerada

   A) una observación.
   B) una hipótesis.
   C) un dato.
   D) una conclusión.
   E) un problema.

2. El desarrollo de procedimientos sistemáticos que permiten obtener información específica sobre un fenómeno de la naturaleza, es comprendido como

   A) técnicas.
   B) observaciones.
   C) experimentos.
   D) obtención de datos.
   E) hipótesis.

3. La apertura de los poros que permiten un incremento en la transpiración en periodos de calor, son comprendidos como mecanismos de respuesta motriz. Estos procesos no tienen relación directa con cualidad biológica de

   A) homeostasis.
   B) metabolismo.
   C) irritabilidad.
   D) sensibilidad.
   E) respuesta.

4. En la antigüedad, el crecimiento de los animales y plantas era considerado como un tipo de movimiento de los cuerpos. Una comprensión de los procesos permite comprender que la base del crecimiento corporal de los animales es

   A) la adaptación.
   B) la reproducción.
   C) el aumento de células.
   D) la maduración de las células.
   E) el consumo energético.

5. Para cualquier organismo, tanto en relación con su organización como respecto al ambiente, la primera etapa de cualquier proceso de adaptación está constituida por

   A) la evolución.
   B) la irritabilidad.
   C) la sensibilidad.
   D) la homeostasis.
   E) los cambios fisiológicos.

6. Las plantas y animales que pueblan un bosque destinado a la conservación de una especie de mamífero es un ejemplo de

   A) ecosistema.
   B) comunidad.
   C) población.
   D) biósfera.
   E) especies.

7. Las plantas, algas y muchas bacterias son capaces de elaborar sustancias orgánicas a partir de minerales como agua y dióxido de carbono, lo que constituye un ejemplo de

   A) nutrición.
   B) anabolismo.
   C) asimilación.
   D) catabolismo.
   E) transformación.

Lumbreras Editores

8. La gran variedad de papa que existe actualmente se ha originado por procesos de

A) adaptación.
B) evolución.
C) domesticación.
D) transformación.
E) especialización.

9. La insulina es una sustancia que interviene en el paso de glucosa de la sangre hacia los tejidos. Indique la característica biológica que no tiene relación con lo señalado.

A) Necesita sensibilidad.
B) Se produce adaptación.
C) Ocurre homeostasis.
D) Hay irritabilidad.
E) Es un proceso del metabolismo.

10. Para que se produzca vida necesariamente debe ocurrir

A) reproducción.
B) sensibilidad.
C) organización compleja.
D) reacciones bioquímicas.
E) adaptación.

11. El origen de la gran diversidad de organismos es el proceso evolutivo, y este tiene como base la

A) selección natural.
B) variabilidad entre individuos.
C) adaptación diferencial.
D) conservación poblacional.
E) formación de comunidades.

12. Cuando las plantas germinan, las reservas nutricionales son utilizadas en la formación de los nuevos componentes, por ello en esta etapa de la vida vegetal predomina

A) el crecimiento.
B) el catabolismo.
C) el anabolismo.
D) la asimilación.
E) la adaptación.

13. El catabolismo y el anabolismo hasta y desde los principios químicos más elementales comprenden

A) procesos de disolución.
B) formación de mezclas.
C) reacciones de adición.
D) reacciones de oxidación y reducción.
E) síntesis de macromoléculas.

14. Los seres vivos son porciones de materia organizada que poseen un conjunto de manifestaciones como la reproducción, la irritabilidad y la evolución. Para que se produzca cualquiera de esas manifestaciones, que denominamos vida, necesariamente debe ocurrir

A) reproducción.
B) sensibilidad.
C) organización compleja.
D) reacciones bioquímicas.
E) adaptación.

15. La planta llamada "resentida", en el lenguaje popular, es científicamente la Mimosa púdica. Se llama así porque al contacto con otros cuerpos incluyendo la mano, cierra los foliolos de sus hojas por un mecanismo celular de turgencia. Este tipo de fenómeno es un ejemplo de

A) interrelación.
B) mecanotactismo.
C) tropismo.
D) tigmonastia.
E) tigmotaxia.

Lumbreras Editores

16. Los cambios morfológicos y fisiológicos ocurridos en los organismos, a través del tiempo, que han determinado la diversidad de especies actuales, corresponden a la

A) evolución.
B) adaptación.
C) variabilidad.
D) conservación.
E) selección.

17. Los cromosomas que se observan durante la división celular son ubicados dentro del nivel de organización

A) celular.
B) organológico.
C) supramolecular.
D) complejo.
E) biológico.

18. La sangre, fluido corporal que transporta oxígeno, nutrientes y residuos, pertenece al nivel de organización

A) tisular.
B) organológico.
C) fisiológico.
D) sistémico.
E) biológico.

19. Las plantas trepadoras, como maracuyá y lianas, tienen órganos que les permiten crecer sobre otros árboles y objetos de sujeción. En estas plantas, la capacidad de fijarse y alcanzar la luz corresponde a la característica de

A) crecimiento.
B) adaptación.
C) irritabilidad.
D) evolución.
E) homeostasis.

20. ¿En qué nivel de organización se ubica el conjunto de microorganismos que conforman la microbiota que se encuentra en la panza de una vaca?

A) de población
B) de comunidad
C) de ecosistema
D) de organismos
E) de individuos

21. Es definida como la capacidad de los organismos para adquirir caracteres y funciones nuevas que contribuyen a la selección natural.

A) herencia
B) desarrollo
C) mutabilidad
D) adaptabilidad
E) sensibilidad

22. Durante la pubertad y adolescencia, se produce un incremento sustancial de la estatura, además, de otras manifestaciones del desarrollo, en las cuales intervienen las hormonas como mediadores. Estos cambios en última instancia son una manifestación

A) del metabolismo.
B) de la irritabilidad.
C) de la maduración.
D) de la adaptación.
E) del crecimiento.

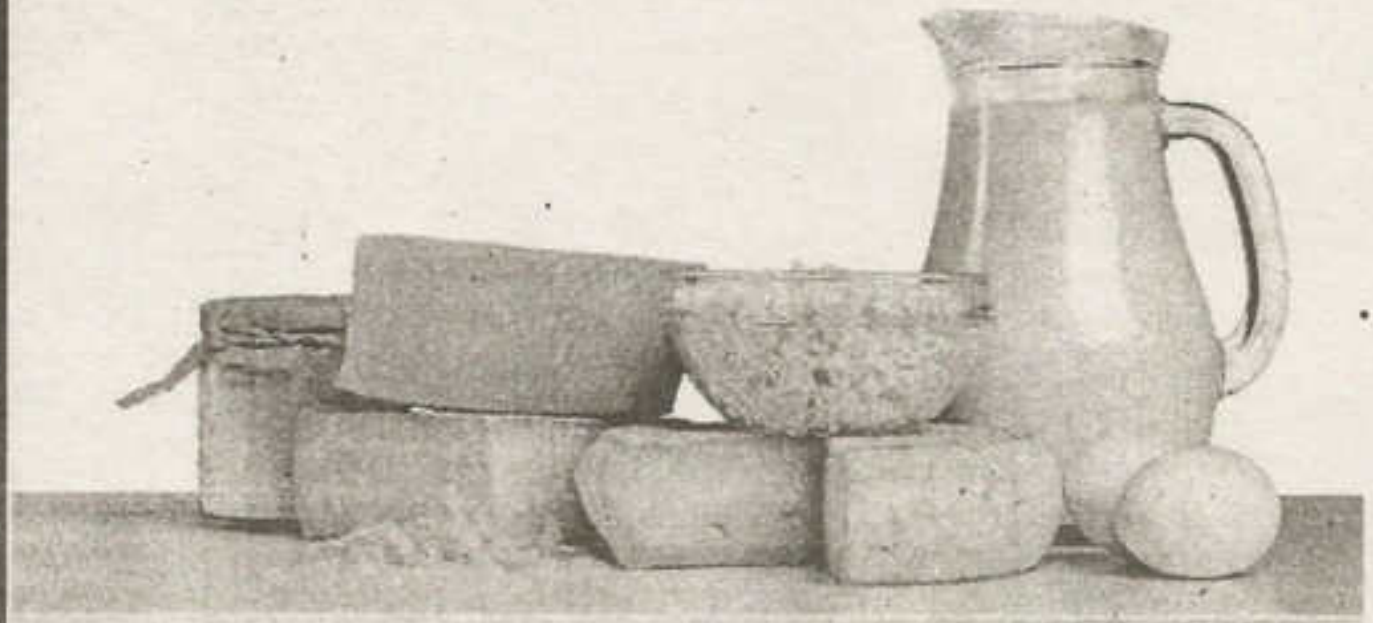
23. Los virus no son considerados como seres vivos porque no poseen

A) metabolismo.
B) complejidad.
C) adaptación.
D) biomoléculas.
E) material genético

Lumbreras Editores

Unidad

11



Bioquímica

Elizabeth Encarnación Torres Rios

twitter.com/calapenshko

CAPÍTULO III

BIOELEMENTOS

Objetivos

- Comprender que todos los seres vivos están hechos de elementos naturales.
- Clasificar los bioelementos y reconocer las funciones de los principales elementos que conforman a los seres vivos.
- Identificar algunas enfermedades ocasionadas por la carencia de bioelementos en la nutrición.

Introducción

El universo está constituido de materia en movimiento y desde tiempos muy remotos nos hemos preguntado de dónde surge la vida o de qué estamos hechos los seres vivos; la respuesta se encuentra precisamente en que la unidad sustancial de la materia es el átomo, y los átomos con propiedades químicas idénticas son los elementos, y por estar presentes en los seres vivos son denominados bioelementos. Gracias a ellos, podemos diferenciar la materia viva de la inanimada, por consiguiente, un bioelemento es una combinación de átomos y dicha combinación es la que permite que los seres vivos puedan realizar sus funciones vitales.

Todos los seres vivos, por más simples que sean, están constituidos de bioelementos, siendo los más abundantes el carbono (C), el hidrógeno (H), el oxígeno (O), el nitrógeno(N) y, adicionalmente, el fósforo (P) y el azufre (S); estos elementos constituyen del 96 % al 99 % de los seres vivos. El carbono forma enlaces covalentes con otros átomos de carbono y de otros bioelementos, de modo que se origina la gran diversidad de moléculas en los seres vivos. Otros elementos son escasos de 1 % a un 4 % en los seres vivos. Dentro de ellos destacan el calcio (Ca^{+2}), el hierro (Fe^{+2}), el potasio (K^{+1}), el sodio (Na^{+1}), el cloro (Cl^{-1}), el magnesio (Mg^{+2}), el yodo (I^{-1}) y el zinc (Zn^{+2}).

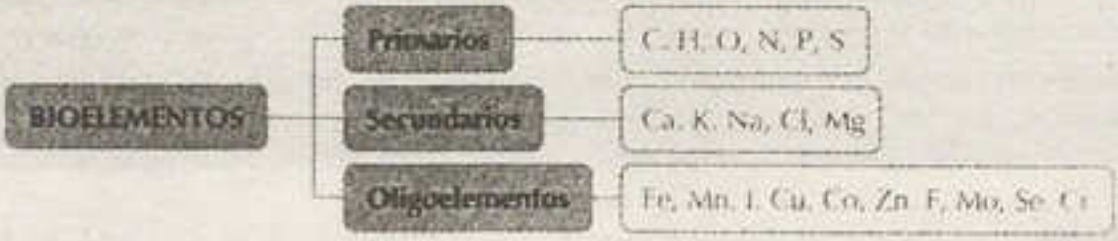
Los bioelementos llegan a las estructuras celulares mediante la alimentación, ya que estas moléculas también constituyen los nutrientes integrados en los alimentos, en este sentido, conocer estas sustancias es una cuestión fundamental para el buen funcionamiento del organismo. Debemos tener una alimentación balanceada para proveer a nuestro organismo de todos los elementos necesarios. No se requiere que consumamos suplementos adicionales, puesto que, en nuestro medio, los suplementos nutricionales se venden con fines de lucro.

1▸ Definición

Los bioelementos son todos aquellos elementos químicos que forman parte de los seres vivos en condiciones normales. De los 109 elementos que existen (90 naturales y 19 obtenidos en el laboratorio), solo aproximadamente 27 de ellos se encuentran en la inmensa diversidad de organismos, representando del 96% al 99% del peso de la materia viva.

2▸ Clasificación

Si se realiza un análisis químico detallado de la composición de cada uno de los seres vivos y luego se promedia el resultado, se podrá determinar que algunos bioelementos son más abundantes que otros; apoyándonos en este criterio se pueden clasificar en primarios, secundarios y oligoelementos.



2.1. BIOELEMENTOS PRIMARIOS

Incluye a seis elementos: carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S), que constituyen en promedio del 96% al 99% del peso de la materia viva; son elementos fundamentales e indispensables para la formación de biomoléculas orgánicas como los glúcidos, los lípidos, las proteínas y los ácidos nucleicos, e inorgánicas como el agua, el oxígeno y el dióxido de carbono. La característica general y distinguible de todos ellos es presentar un bajo peso atómico, lo cual facilita su agregación para formar e integrar el esqueleto o armazón de las biomoléculas, es por eso que se les denomina también elementos plásticos, biogenésicos u organógenos. De los seis, C, H, O y N son los más abundantes.

COMPOSICIÓN ATÓMICA DE TRES ORGANISMOS REPRESENTATIVOS

Elemento	Humano	Alfalfa	Bacteria
carbono	19,37%	11,34%	12,14%
hidrógeno	9,31%	8,72%	9,94%
oxígeno	61,81%	77,90%	73,68%
nitrógeno	5,14%	0,83%	3,04%
fósforo	0,63%	0,71%	0,60%
azufre	0,64%	0,10%	0,32%
CHONPS total	97,90%	99,60%	99,72%

Todas las moléculas orgánicas tienen como elemento central de su estructura al carbono (C); los átomos de hidrógeno (H), de oxígeno (O), de nitrógeno (N) y otros se le unen para dar lugar a la enorme variedad de moléculas que existen en los seres vivos.

La composición de las principales biomoléculas nos permite entender la importancia de su presencia.

Moléculas	Bioelementos
lípidos	C, H, O, N, P
glúcidos	C, H, O
proteínas	C, H, O, N, S
ácidos nucleicos	C, H, O, N, P

El C, H, O y N son elementos abundantes en la naturaleza, por lo cual son fácilmente aprovechables por los seres vivos. La incorporación de estos elementos a la cadena alimenticia ocurre a través de los organismos autótrofos.

El carbono (C), el hidrógeno (H) y el oxígeno (O) se incorporan a las plantas, algas y bacterias como dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O), mientras el nitrógeno (N) lo hace a través de bacterias.

2.1.1. El carbono

Forma enlaces covalentes con otros átomos de carbono y con átomos de otros bioelementos, y da lugar a la diversidad de moléculas en los seres vivos. Cuando se forma dicho enlace, ninguno de los átomos que se combina pierde o gana electrones; en lugar de ello, forma una molécula al compartir uno, dos o tres pares de valencia; mientras más pares de electrones se compartan, mayor será la energía del enlace covalente.

2.1.2. El nitrogeno

Es componente de los aminoácidos y, por lo tanto, de las proteínas, que constituyen el citoplasma celular. Las plantas con abundante nitrógeno en su medio crecen normalmente, son suculentas y de hojas verde oscuro. Al contrario, las plantas que crecen en suelos pobres de nitrógeno, son pequeñas, de color verde pálido o amarillentas, por ejemplo: las plantas carnívoras.

2.1.3. El fosforo

Es un constituyente de los nucleótidos, unidades de los ácidos nucleicos como el ADN y el ARN, también del principal nucleótido energético del organismo denominado ATP y de los fosfolípidos presentes en membranas celulares.

En los animales vertebrados, el fósforo en forma de fosfato de calcio constituye los cristales del mineral hidroxiapatita, presente en la matriz ósea y responsable de la rigidez y resistencia del hueso.

Las plantas toman el fósforo casi exclusivamente como iones fosfato inorgánico. Este bioelemento es abundante en las células meristemáticas (células de crecimiento), abunda durante la maduración de las semillas y frutos (estructuras que concentran alta proporción de fósforo). La deficiencia de fósforo provoca enanismo en las plantas; por ejemplo, las plantas del maíz, en suelos deficientes de fósforo, llegan a una altura de 30 a 60 cm y producen pequeñas espigas.

2.2.4. El magnesio

Primer elemento de la tabla periódica, está formado solamente por un protón y un electrón, y es el más abundante del universo; además, aparece unido a otros elementos formando gran variedad de compuestos químicos como el agua (H_2O) y la mayoría de compuestos orgánicos.

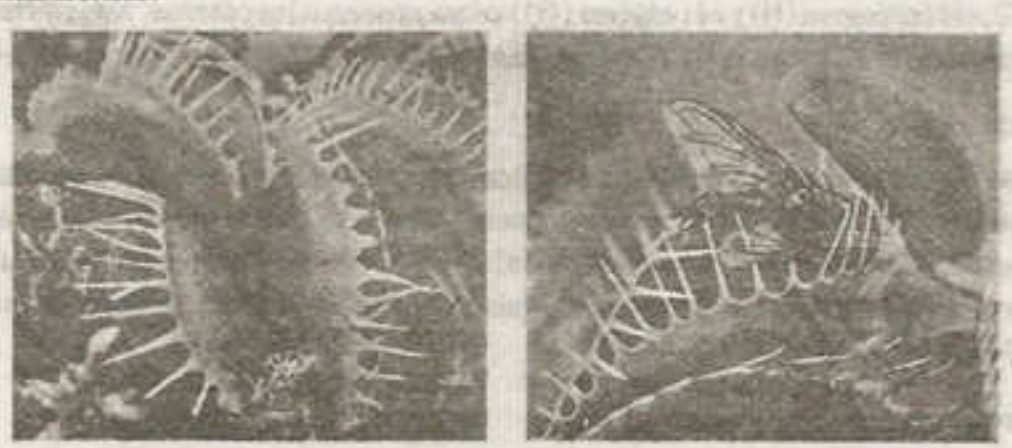
2.2.5. El oxígeno

Es un gas incoloro, inodoro e insípido, además, es muy reactivo y resulta esencial para la respiración aeróbica. Al igual que el hidrógeno forma gran variedad de compuestos químicos como el agua (H_2O) y moléculas orgánicas.

2.2.6. El azufre

Es un componente importante en la estructura de proteínas como la insulina, péptidos como el glutatión (antioxidante celular), las vitaminas B1 (tiamina) y B8 (biotina).

En las plantas, el azufre es incorporado por las raíces en forma de sulfatos y es el componente de los glucósidos que le da el sabor característico a la mostaza, cebolla y rabanitos. Como el azufre está asociado a la formación de proteínas y clorofila, y es moderadamente móvil dentro de la planta, los síntomas de deficiencia empiezan por lo general en las hojas jóvenes y progresan con el tiempo hacia las hojas más viejas, lo que desencadena que las plantas se vuelvan uniformemente cloróticas o amarillentas.



Las plantas carnívoras, como la dionea (atrapamoscas), usan a sus presas como fuente de nitrógeno, fósforo y calcio; a diferencia de los animales carnívoros que utilizan a su presa para obtener energía.

2.2. BIOELEMENTOS SECUNDARIOS

Estos elementos cumplen funciones específicas. Interaccionan en su forma libre, frecuentemente, como parte de moléculas inorgánicas (sales) u orgánicas (vitaminas, pigmentos y enzimas). Generalmente se encuentran en forma de iones (con carga eléctrica). Algunos de estos bioelementos están presentes en todos los seres vivos, por lo cual se les considera de distribución universal; en cambio, aquellos que solo se encuentran en ciertas especies son de distribución variable. Los valores difieren según el organismo, así el calcio solo se encuentra en 0,007% del cuerpo vegetal, a diferencia de los vertebrados donde constituye el 2,5% del total. Otro caso parecido es el silicio que alcanza solo el 1% de toda la materia viva por hallarse en las gramíneas y en las algas diatomeas, dos grupos de organismos ampliamente distribuidos en todo el mundo, mientras que en los vertebrados mamíferos solo representa el 0,0001%.

Se puede citar algunas de las funciones de los bioelementos esenciales en el funcionamiento y estructura de las plantas y animales.

2.2.1. El calcio

En forma de carbonatos, el calcio constituye las conchas y esqueletos de invertebrados, mientras que en forma de fosfatos compone la dentición y los esqueletos de vertebrados. En forma iónica, participa en diversos procesos como la irritabilidad neuromuscular, la contracción muscular, el automatismo cardiaco y la coagulación sanguínea.

Cuando una persona consume muy poco calcio, los huesos y los dientes se debilitan; en el caso de los niños, el crecimiento se retrasa y si la situación se mantiene durante un periodo considerable, el crecimiento de los huesos se detiene, afectando también a la forma del hueso, sobre todo en las piernas y el tórax. En personas adultas, sobre todo en la mujer, la deficiencia genera huesos porosos y quebradizos.

En las aves, la glándula nidamentosa (útero) segrega calcio que envuelve al huevo, por lo cual deben complementar su dieta con proteínas de origen animal ricas en calcio, como la harina de pescado.

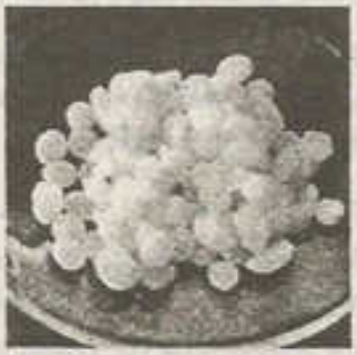
En las plantas, el calcio en forma de pectatos constituye el componente denominado lamina media que une las paredes celulares; también actúa como cofactor enzimático y neutralizador de ácidos orgánicos en forma de oxalato de calcio.

2.2.2. El magnesio

En general, el magnesio es cofactor de enzimas metabólicas como las carboxilasas, las deshidrogenasas y las fosfatasas. En nuestro organismo, su rol comprende el mejoramiento del tono muscular y la transmisión de los impulsos nerviosos; junto con el calcio participan en la contracción y relajación muscular. También favorece el reforzamiento del sistema óseo y ayuda a mantener estable el ritmo cardiaco y la presión arterial, de ese modo protege las paredes de los vasos sanguíneos y actúa como vasodilatador, evitando la formación de coágulos.

En plantas y algas, el magnesio forma parte del núcleo de la clorofila, que es una molécula importante para la fotosíntesis, su deficiencia inhibe la producción de este pigmento y origina el amarillamiento de las hojas.

2.2.3. El sodio



Es el principal catión del medio extracelular que se encuentra en todos los tejidos y líquidos orgánicos de los animales, principalmente en forma de cloruro de sodio.

Junto con el potasio, intervienen en el balance hídrico corporal y en el mantenimiento de la presión osmótica celular, también participan en la despolarización de la membrana, necesaria para el impulso nervioso y las contracciones musculares. Su presencia favorece la captación celular de glucosa y aminoácidos.

La deficiencia de sodio generalmente se debe a su pérdida durante las diarreas, los vómitos y la excesiva sudoración, lo cual trae como consecuencia un estado de deshidratación y trastornos nerviosos. El exceso puede provocar condiciones de hipertensión corporal, entre otros.

2.2.4. El cloro

Es el principal anión extracelular y cumple papeles análogos a los del sodio en el organismo. Abunda en la mucosa gástrica, en la orina, en el sudor y en la leche. Por ejemplo, en la mucosa gástrica de los mamíferos se bombea cloro desde la sangre para sintetizar el ácido clorhídrico del jugo gástrico.

2.2.5. El potasio

Es el principal catión del medio intracelular que participa en el mantenimiento del equilibro ácido-base, en la regulación de la presión osmótica y de la permeabilidad celular. El potasio participa en la repolarización de la membrana durante la conducción del impulso nervioso y propicia las contracciones musculares, con especial relevancia en la actividad cardiaca.

En las plantas, el potasio desempeña un rol importante en el balance hídrico u osmorregulación, rol equivalente al sodio en animales. También participa en la absorción radicular de agua, en la apertura y el cierre de los estomas para controlar las pérdidas, por lo cual mejora la tolerancia de la planta al estrés hídrico.

2.3. OLIGOELEMENTOS (ELEMENTOS TRAZA)

Los oligoelementos son bioelementos presentes en pequeñas cantidades en los seres vivos, en cantidades inferiores al 0,01 % del peso del organismo, pero son indispensables para la vida. Gracias a ellos, las reacciones metabólicas de nuestro organismo funcionan correctamente, ya que actúan como cofactores enzimáticos para el metabolismo, dinamizan las reacciones defensivas contra las infecciones y contribuyen a disminuir las reacciones alérgicas.

2.3.1. El hierro

Es el componente de pigmentos transportadores de oxígeno, como la hemoglobina en los vertebrados y las hemeritrinas en algunos anélidos; almacena O_2 como la mioglobina; también constituyen catalizadores de reacciones de oxidorreducción como los citocromos que participan en la formación de ATP y de las catalasas antioxidantes. Su deficiencia en los vertebrados causa un cuadro de anemia ferropénica, mientras que en las plantas ocasiona que se vuelvan cloróticas (de color verde pálido, casi blanco) y las hojas escasas de hierro se presentan moteadas.

En los alimentos se encuentan dos tipos de hierro: el de origen animal (Fe^+ hemínico), que es utilizado mejor por el organismo, y el hierro vegetal (no hemínico), que requiere de vitamina C y A para su absorción.

2.3.2. El cobre

Es componente de la hemocianina, pigmento respiratorio de los moluscos y algunos artrópodos; también es cofactor enzimático.

La deficiencia de cobre favorece las fracturas de huesos y malformaciones óseas. También se puede generar la ataxia zoótica, enfermedad en la que se produce desmielinización de neuronas en las extremidades posteriores, la cual genera deficiencias de locomoción.

2.3.3. El zinc

Es necesario para que el sistema de defensa del cuerpo (sistema inmunitario) funcione apropiadamente. Participa en la división y el crecimiento de las células, al igual que en la cicatrización de heridas y en el metabolismo de los carbohidratos, de manera que aumenta el efecto de la insulina. En las plantas, el zinc es un cofactor importante para la síntesis del ácido indolacético (auxina), hormona vegetal que estimula la elongación celular.

2.3.4. El manganeso

Es cofactor para la activación de dipeptidasas, carboxilasas, fosforilasas y enzimas que participan en el transporte de electrones. Las dipeptidasas son enzimas digestivas que degradan dipéptidos, y las carboxilasas son enzimas que permiten la asimilación de dióxido de carbono durante la fotosíntesis.
Su exceso causa deficiencia de hierro en las plantas, actuando como agente oxidante.

2.3.5. El flúor

Tiene una función esencial en la formación de huesos y el correcto mantenimiento del esmalte dental, previniendo la caries. Se puede encontrar en cualquier tipo de comidas, en cantidades relativamente pequeñas y en grandes cantidades, por ejemplo en el té y en los mariscos.

2.3.6. El níquel

Es necesario para la síntesis de insulina; activador de enzimas y factor antianémico. Al ser un activador de la arginasa, interviene en los procesos de formación de úrea. La ingesta de elevadas concentraciones de níquel incrementa la probabilidad de desarrollar cáncer al pulmón, nariz, laringe y prostata, así también puede generar embolia pulmonar, asma, bronquitis crónica y reacciones alérgicas.

2.3.7. El silicio

Es fundamental para la formación de tejidos conectivos como cartílagos y tendones, ya que ayuda a mantener su resistencia y fuerza. También es fundamental para la asimilación del calcio, fósforo y magnesio, y la síntesis de la vitamina D.

La cantidad de silicio orgánico en el hombre disminuye de forma irreversible a medida que envejece, sobre todo a partir de los 40 años. Uno de los primeros signos de falta de silicio orgánico son los problemas articulares.

2.3.8. El molibdeno

Participa en sistemas enzimáticos relacionados con el metabolismo del alcohol, drogas y toxinas, ayuda a que la xantina-oxidasa (enzima responsable del metabolismo del hierro) funcione correctamente, es esencial para la producción de ácido úrico, el cual se encuentra en la sangre y en la orina.

2.3.9. El selenio

Se incorpora a las proteínas para formar enzimas en su mayoría antioxidantes. Su actividad complementa a la de la vitamina E, ya que estimula el sistema inmunológico, favoreciendo la producción de glóbulos blancos. El carácter antioxidante del selenio retarda el proceso de envejecimiento celular y le confiere propiedades preventivas contra el cáncer y diversas afecciones cardíacas. Este mineral ayuda a neutralizar el daño celular causado por los radicales libres.

La exposición a niveles altos de selenio puede producir efectos neurológicos, por ejemplo, cabello quebradizo y deformidades en las uñas a lo que llamamos selenosis.

2.3.10. El boro

Es indispensable para el desarrollo de plantas superiores, además resulta muy útil para los cultivos de tomate, zanahoria, espárrago y remolacha azucarera. Es importante mencionar que las plantas absorben boro del suelo y a través del consumo de plantas por los animales, este oligoelemento termina en las cadenas alimentarias. Cuando los animales son expuestos al boro durante el embarazo, sus descendientes pueden sufrir defectos desde el nacimiento y alteraciones en el desarrollo.

2.3.11. El yodo

La importancia del yodo (I) en el organismo está asociado a su importancia en la síntesis de hormonas tiroideas, esenciales para la regulación del organismo. Las alteraciones en sus niveles pueden provocar hipertiroidismo o hipotiroidismo, los cuales producen desarreglos en el metabolismo basal.

Alimentos como pescados y mariscos son la principal fuente alimenticia de yodo. Si los alimentos no proporcionan el suficiente yodo para que la tiroides elabore tiroxina, se originará un abultamiento en la parte inferior de la garganta, porque se desencadena una enfermedad llamada bocio simple, motivo por el cual se ha convenido en yodar la sal y el agua potable.

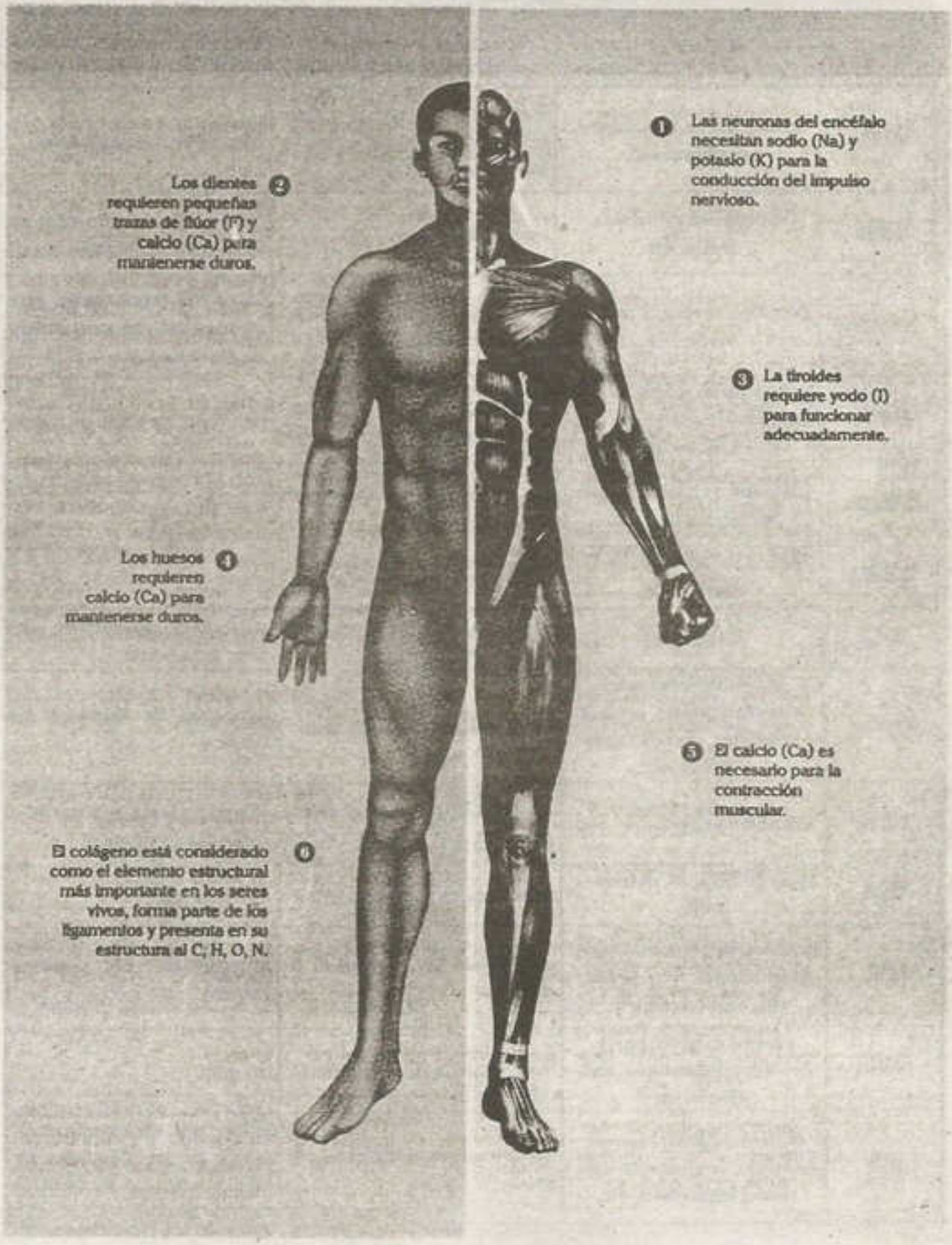
Algunos vegetales contienen sustancias bociógenas (provocan bocio u otras alteraciones en la tiroides) que entorpecen la acción del yodo, especialmente si se consumen crudas, por ejemplo, la coliflor, la col, el repollo, etc.

2.3.12. El cobalto

El cobalto es esencial en todos los animales, incluyendo los humanos. Forma parte de la cianocobalamina (vitamina B12). Una deficiencia de la absorción de vitamina B12 con cobalto conduce a una forma de anemia perniciosa. Mientras que la ingesta de altas concentraciones de cobalto puede provocar naúseas y vómitos, problemas virales, cardiacos y tiroideos. También se puede asociar su exceso a la exposición de los isótopos reactivos del cobalto, sobre todo cuando es utilizado en pacientes con cáncer para destruir tumores. De allí que los pacientes sufren de la pérdida del cabello, diarreas, vomitos, esterilidad e inclusive muerte.

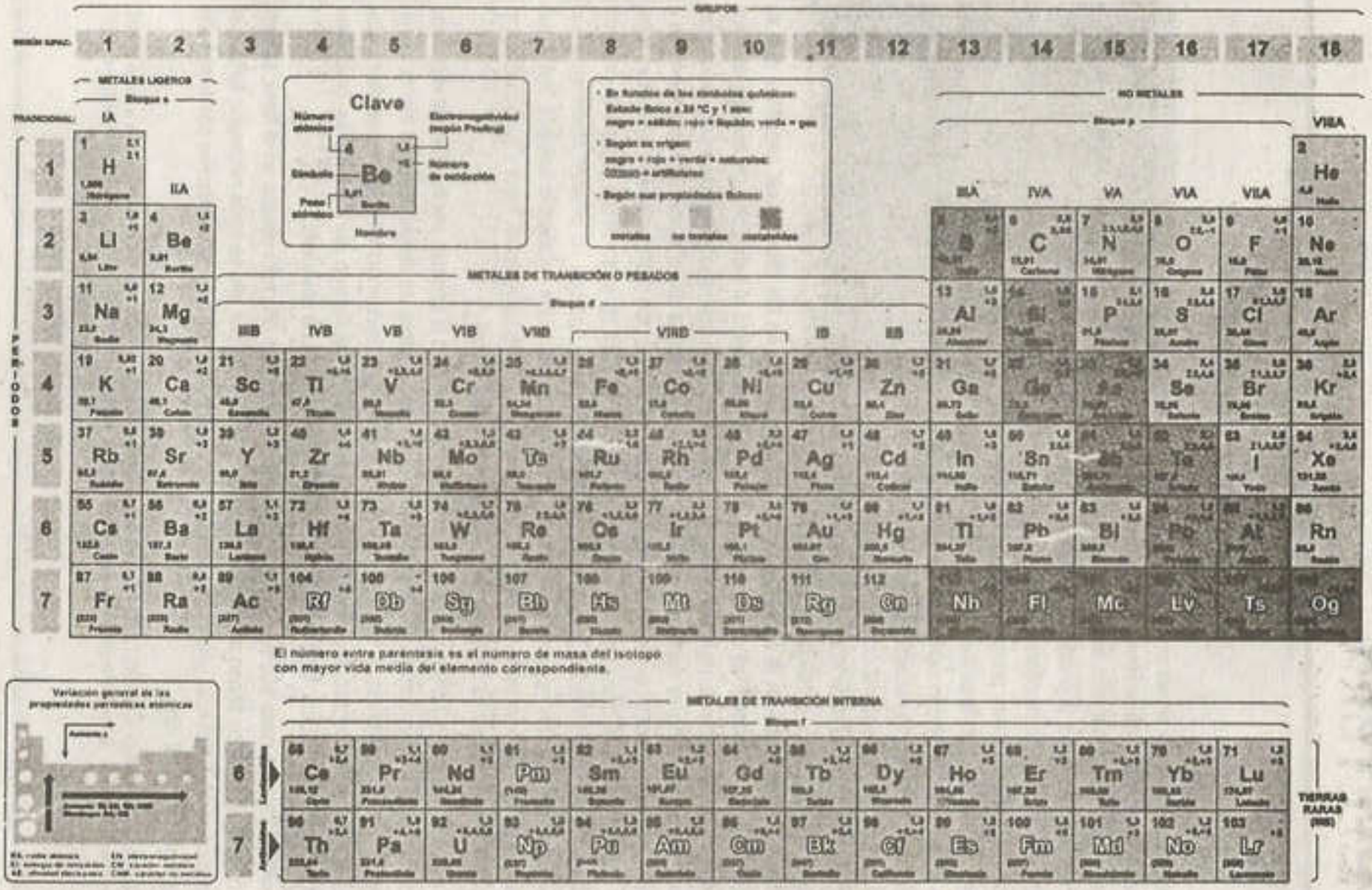
PRINCIPALES BIOELEMENTOS NECESARIOS PARA EL HOMBRE			
Mineral	Alimentos	Funciones principales	Efectos de la deficiencia
calcio	leche, queso, legumbres, verduras, etc.	formación de huesos y dientes, coagulación sanguínea y transmisión nerviosa	raquitismo, osteoporosis
cloro	sal, algunas verduras, frutas, etc.	equilibrio hídrico	desequilibrio ácido-base en los fluidos corporales (raro)
magnesio	cereales, verduras de hoja verde, etc.	activación en enzimas, síntesis de proteínas	fallos del crecimiento, problemas del comportamiento, convulsiones
fósforo	leche, queso, yogur, pescado, aves de corral, carnes, cereales, etc.	formación de huesos y dientes, equilibrio hídrico	debilidad, pérdida de calcio
potasio	plátanos, verduras, papas, leche, carnes, etc.	equilibrio hídrico y transmisión nerviosa	calambres musculares, pérdida del apetito, ritmo cardiaco irregular
azufre	pescado, aves de corral, carnes, etc.	funcionamiento del hígado	raro
sodio	sal de mesa	equilibrio hídrico y funcionamiento del hígado	calambres musculares, pérdida del apetito
cromo	legumbres, cereales, vísceras, grasas, aceites vegetales, carnes, agua potable, etc.	metabolismo de la glucosa	aparición de diabetes en adultos
cobre	carnes, agua potable, etc.	formación de los glóbulos rojos	anemia, afecta al desarrollo de huesos y nervios
flúor	agua potable, té, mariscos, etc.	resistencia a la caries dental	caries dental
yodo	pescado de mar, mariscos, productos lácteos, verduras, sal yodada, etc.	síntesis de las hormonas tiroideas	inflamación del tiroides (bocio)
hierro	carnes magras, pan y cereales, legumbres, mariscos, etc.	formación de hemoglobina	anemia
zinc	carnes magras, huevos, cereales, verduras de hoja verde, legumbres, etc.	componentes de muchas enzimas	fallos en el crecimiento, atrofia de las glándulas sexuales y retraso en la curación de heridas

PROPIEDADES DE ALGUNOS BIOLEMENTOS EN EL HOMBRE



1. Las neuronas del encéfalo necesitan sodio (Na) y potasio (K) para la conducción del impulso nervioso.
2. Los dientes requieren pequeñas trazas de flúor (F) y calcio (Ca) para mantenerse duros.
3. La tiroides requiere yodo (I) para funcionar adecuadamente.
4. Los huesos requieren calcio (Ca) para mantenerse duros.
5. El calcio (Ca) es necesario para la contracción muscular.
6. El colágeno está considerado como el elemento estructural más importante en los seres vivos, forma parte de los ligamentos y presenta en su estructura al C, H, O, N.

TABLA PERIÓDICA DE LOS ELEMENTOS QUÍMICOS



De los más de 100 elementos de la tabla periódica, la materia viva está constituida por unos 70 elementos y solo alrededor de 21 son esenciales para el desarrollo y conservación de la vida.

Lectura

Anemia en el Perú

En el Perú, la anemia es un problema de salud pública condicionado por determinantes sociales, culturales, económicos y de desarrollo, asociados con la pobreza y brechas de inequidad; la presencia de anemia durante el crecimiento y la etapa de diferenciación cerebral generan consecuencias adversas, principalmente en el desarrollo del niño. Una de estas anemias es la anemia ferropénica que está relacionada con carencias de hierro en la alimentación. El hierro (Fe) constituye uno de los elementos que se encuentra de forma corriente en la naturaleza y es esencial para nuestro organismo, pues constituye parte de la hemoglobina, proteína encargada de realizar el transporte del oxígeno en la sangre. Asimismo se encuentra en los citocromos, proteínas que se localizan en las mitocondrias de las células eucariotas realizando el transporte de energía química en estas y forma parte de muchas enzimas que llevan a cabo las reacciones de oxido-reducción. Nuestro organismo no es capaz de sintetizar hierro, por tanto, la única manera de obtenerlo es a través de la alimentación; entre los alimentos que aportan hierro, los principales son las carnes rojas y el hígado, debido a que por su forma estructural es más fácil de absorberse. Contra la creencia general, los vegetales verdes no son la mejor fuente de hierro, porque no pueden absorverse con facilidad y además, los vegetales poseen en su composición una sustancia llamada fitato, que impide la absorción adecuada del hierro. Las leguminosas como las lentejas, fréjol y garbanzo constituyen excelentes fuentes de hierro, al igual que los frutos secos.

Los niños menores de 2 años son particularmente vulnerables a la anemia, por su elevada velocidad de crecimiento y altos requerimientos de hierro, a lo que se suma las dietas bajas en hierro, pérdida de hierro por parásitos, el bajo peso al nacer y episodios frecuentes de infecciones diarreicas. Algunas de las consecuencias inmediatas de la anemia son el retraso del crecimiento, respuesta inmunológica disminuida, fatiga, debilidad, irritabilidad y deficit de atención.

Considerando que cada año se reportan aproximadamente 600 000 nacimientos en el Perú, se estima que 404 938 niños tienen anemia en el primer año de vida, por ello se hace necesario fortalecer las acciones para alcanzar una mayor adherencia y efectividad de la suplementación con hierro a la madre gestante y al niño.

ZAVALETA, Nelly y Laura ASTETE. "Efecto de la anemia en el desarrollo infantil: consecuencias a largo plazo". En *Revista peruana de medicina experimental y salud pública*. vol. 34, n.° 4. Lima: Instituto Nacional de Salud, 2017.

Preguntas resueltas

Pregunta 1

Una característica general y distinguible de los bioelementos primarios es

A) formar enlaces iónicos.
B) poseer cargas.
C) presentar elevado peso atómico.
D) presentar bajo peso atómico.
E) ser los menos abundantes.

Resolución

La característica general y distinguible de los bioelementos primarios es la de presentar un bajo peso atómico, lo cual facilita su agregación para formar e integrar el esqueleto o armazón de las biomoléculas, es por ello que se les denomina también elementos plásticos, biogenésicos u organógenos; de los cuales C, H, O y N son los más abundantes.

Clave D

Pregunta 2

¿Cuál es el bioelemento biogenésico más abundante en los seres vivos?

A) carbono
B) nitrógeno
C) azufre
D) oxígeno
E) hidrógeno

Resolución

El bioelemento biogenésico o primario, que en un análisis porcentual resulta más abundante en los seres vivos, es el oxígeno; como molécula, su presencia se debe a la actividad fotosintética con un gran poder oxidante.

Clave D

Pregunta 3

Identifique los iones que participan en la conducción nerviosa.

A) cobre y hierro
B) calcio y fósforo
C) sodio y potasio
D) magnesio y silicio
E) carbono y nitrógeno

Resolución

En la conducción nerviosa participan el sodio y el potasio. En este proceso se transmite el impulso nervioso a lo largo del axón de una neurona hacia otra neurona por medio de la sinapsis.

Clave C

Pregunta 4

El ..... es a la hemoglobina como el ..... es a la hemocianina.

A) cobre - hierro
B) calcio - fósforo
C) magnesio - silicio
D) carbono - nitrógeno
E) hierro - cobre

Resolución

El hierro es el componente central de la hemoglobina, mientras que el cobre es el componente central de la hemocianina. La deficiencia de hierro provoca anemia, mientras que la deficiencia de cobre puede generar anemia, leucopenia y osteoporosis debido a que los principales depósitos de cobre están en el hígado, los huesos y los músculos.

Clave E

Lumbreras Editores

Pregunta 5

¿Cuál es el elemento que se encuentra en mayor concentración dentro de la composición química de la célula?

A) calcio B) hidrógeno C) carbono
D) nitrógeno E) oxígeno

Resolución

El nitrógeno es el gas más abundante en la naturaleza y se encuentra principalmente en el aire. Para que pueda incorporarse al ser vivo, el nitrógeno es fijado por un grupo de bacterias, entre ellas, el *Rhizobium*.

Clave D

Pregunta 6

Con respecto a los elementos componentes de los seres vivos, marque la secuencia correcta del valor de verdad (V o F).

I. El nitrógeno es el componente de la tiroxina o tetrayodotironina (T4).
II. El calcio participa en la contracción muscular.
III. El zinc es un cofactor de más de 70 enzimas humanas.
IV. El cobalto es fijado en la atmósfera por las bacterias.
V. El yodo participa en la osmorregulación de los animales.

A) VVVVV B) FFFFF C) FVVFF
D) VVVFF E) FFVFF

Resolución

I. El nitrógeno es constituyente de aminoácidos y ácidos nucleicos, pero no de tiroxina.
II. El calcio participa en la contracción muscular y en la coagulación, y no en la función de hormona tiroidea.
III. El zinc es un cofactor de más de 70 enzimás humanas, estas son necesarias para que el sistema inmune funcione correctamente.
IV. El cobalto forma parte de la vitamina B12, llamada también cianocobalamina.
V. El yodo participa en la formación de hormonas tiroideas como la triyodotironina y la tetrayodotironina; no en la osmorregulación de los animales.

Clave C

Pregunta 7

La anemia ferropénica es una enfermedad carencial que afecta a cualquier grupo etario, condición socioeconómica, y es más frecuente en niños, mujeres en edad fértil y gestantes. Dicha enfermedad está relacionada a la deficiencia de

A) yodo.
B) fósforo.
C) calcio.
D) cobalto.
E) hierro.

Resolución

La anemia ferropénica está relacionada a carencias de hierro (Fe) en la alimentación. El hierro es esencial para nuestro organismo, pues constituye parte de la hemoglobina, proteína encargada de realizar el transporte del oxígeno en la sangre. Así mismo se encuentra en los citocromos, proteínas que se localizan en las mitocondrias de las células eucariotas, realizando el transporte de energía química en estas, y forman parte de muchas enzimas que llevan a cabo las reacciones de oxidación-reducción.

Clave E

Lumbreras Editores

Pregunta 8

La fotosíntesis es un proceso anabólico que permite generar nutrientes para los vegetales. Presenta dos etapas: la fase luminosa y la oscura; la primera depende de la luz y de un pigmento llamado clorofila que le da el color verde a las hojas. En la composición química de dicho pigmento encontramos al

A) yodo.
B) fósforo.
C) magnesio.
D) cobalto.
E) hierro.

Resolución

La clorofila es un pigmento fotosintético, en el cual, al incidir el fotón de luz, los electrones del átomo de magnesio salen de su subnivel electrónico. Por consiguiente, el bioelemento que forma parte de este pigmento es el magnesio.

Clave C

Pregunta 9

Indique el bioelemento que es conocido como el factor IV de la coagulación sanguínea.

A) zinc
B) calcio
C) carbono
D) oxígeno
E) molibdeno

Resolución

El calcio es conocido como el factor IV de la coagulación; participa también en la contracción muscular y la transmisión del impulso nervioso.

Clave B

Pregunta 10

El ..... es a la clorofila como el ..... es a la cianocozalamina.

A) hierro - cobre
B) calcio - fósforo
C) magnesio - cobalto
D) cobre - hierro
E) carbono - nitrógeno

Resolución

El magnesio es el bioelemento de la clorofila, el cual perderá electrones en presencia de luz; mientras que el cobalto es el bioelemento constituyente de la vitamina B12 o cianocobalamina.

Clave C

Pregunta 11

La ingesta elevada de un determinado bioelemento aumenta la probabilidad de desarrollar cáncer pulmonar. Indique a qué bioelemento se refiere.

A) zinc
B) boro
C) carbono
D) níquel
E) azufre

Resolución

El níquel es considerado un activador enzimático muy importante para la síntesis de insulina. Sin embargo, si se le expone a grandes concentraciones, por ejemplo de humo del cigarrillo, aumenta la probabilidad de desarrollar cáncer pulmonar.

Clave D

Lumbreras Editores

Preguntas propuestas

1. El ..... es captado de la atmósfera por microorganismos que lo transforman en nitrato (NO^{3-}) y amoniaco (NH^{4+}) para que pueda ser absorbido.

   A) hidrógeno
   B) carbono
   C) oxígeno
   D) nitrógeno
   E) azufre

2. El ..... es un bioelemento que forma el esqueleto de todos los compuestos orgánicos debido a su bajo peso atómico y su elevada electronegatividad.

   A) calcio
   B) manganeso
   C) carbono
   D) potasio
   E) hidrógeno

3. Cada bioelemento tiene una función específica dentro de los seres vivos, la cual es una consecuencia del proceso de evolución molecular. Determine cuál es el bioelemento que participa en la contracción muscular.

   A) zinc B) cobre C) cadmio
   D) sílice E) calcio

4. Respecto a las diversas razones que explican por qué el C, H, O y N serían los más abundantes de los organismos vivos, señale la secuencia correcta del valor de verdad (V o F).

   I. Tienen bajo peso atómico.
   II. Son los más ligeros y tienen la capacidad de formar enlaces covalentes.
   III. Los enlaces covalentes que se forman son muy fuertes, así logran dar estabilidad a las moléculas que forman.
   IV Los enlaces covalentes son muy fuertes porque los pesos atómicos de estos elementos son bajos, de manera que al unirse entre sí y adquirir pesos moleculares mayores, se toman muy estables.
   V. El C, H, O y N tienen la capacidad de compartir uno o dos pares de electrones para originar enlaces sencillos o dobles, capacidad que les dota de considerable versatilidad para el enlace químico.

   A) VFVVV
   B) FVFFF
   C) VVVVV
   D) FVFVF
   E) FFVVV

5. Determine el bioelemento que junto al calcio forman la parte mineral del hueso, así también participa en la regulación intracelular del *p*H, y es un constituyente fundamental en la estructura de los ácidos nucleicos y varias coenzimas para el transporte y almacenamiento de energía.

   A) nitrógeno
   B) magnesio
   C) carbono
   D) fósforo
   E) hidrógeno

Lumbreras Editores

6. Señale cuál es el elemento más abundante, en peso, en el organismo, presente en la estructura de todos los compuestos orgánicos, agente oxidante final en el metabolismo aeróbico y el único de los elementos biogenéticos que debe suministrarse de forma continua.

A) nitrógeno
B) magnesio
C) carbono
D) oxígeno
E) hidrógeno

7. La hipercalemia se presenta por la acumulación excesiva de ..... en la sangre debido a que los riñones no están funcionando adecuadamente y no son capaces de eliminar correctamente dicho bioelemento, aunque también puede estar asociado a la enfermedad de Addison, fármacos hipertensores, consumo excesivo de alcohol, etc.

A) calcio
B) manganeso
C) bario
D) potasio
E) hierro

8. Si se considera la teoría endógena sobre el origen de la vida, se determina que los bioelementos formaron, en la protoatmósfera, compuestos tales como el vapor de agua, el dióxido de carbono, el metano y el amoniaco. Estos gases se precipitaron hacia los mares, donde por efecto de diversos tipos de radiaciones fueron descompuestos. Dentro de estos bioelementos se encuentra el ....., que está presente en las proteínas y ácidos nucleicos.

A) calcio
B) fósforo
C) yodo
D) nitrógeno
E) molibdeno

9. Con respecto a los elementos componentes de los seres vivos, relacione ambas columnas.

I. nitrógeno
II. sodio
III. zinc
IV. calcio
V. yodo

a. Es componente de la tetrayodotironina (T4) o tiroxina.
b. Participa en la contracción muscular.
c. Es cofactor de más de 70 enzimas en el organismo humano.
d. Es fijado de la atmósfera por las bacterias.
e. Participa en la osmorregulación de los animales.

A) Ia, IIa, IIIc, IVb, Vc
B) Ia, IIa, IIIa, IVb, Vc
C) Id, IIe, IIIc, IVb, Va
D) Ia, IIb, IIIa, IVc, Vc
E) Ib, IIa, IIIb, IVb, Vc

10. El citocromo C es una proteína enzimática, el cual se ha investigado de forma comparada desde las bacterias hasta el hombre, y se caracteriza por tener de cofactor al .....

A) calcio.
B) nitrógeno.
C) cloro.
D) hierro.
E) magnesio.

Lumbreras Editores

11. La utilización de radioisótopos, también llamados radionúclidos, permite diagnosticar y tratar algunas enfermedades como el cáncer. Se ha comprobado que la radiación emitida por dichos radioisótopos interfiere inhibiendo la explosiva división celular que caracteriza al cáncer. Entre estos radioisótopos se encuentra un bioelemento que es el

A) calcio.
B) manganeso.
C) bario.
D) cobalto.
E) hierro.

12. Es el bioelemento que forma parte de biomoléculas como proteínas, lípidos y ácidos nucleicos, además, su principal reserva se encuentra en la atmósfera; a pesar de su abundancia en la biósfera, muchas veces es el factor principal que limita el crecimiento vegetal. El enunciado anterior hace referencia al

A) carbono.
B) hidrógeno.
C) fósforo.
D) nitrógeno.
E) oxígeno.

13. Determine el catión más abundante del cuerpo. Principalmente, se localiza en el líquido extracelular.

A) cloro
B) potasio
C) magnesio
D) sodio
E) manganeso

14. La caries es una enfermedad multifactorial que destruye los tejidos del diente como consecuencia de la desmineralización provocada por los ácidos que genera la placa bacteriana. Sobre el enunciado anterior, ¿qué bioelemento ayuda a prevenir la caries dental?

A) fósforo
B) potasio
C) calcio
D) flúor
E) manganeso

15. La osteopenia es una afección que comienza cuando se pierde masa ósea y se debilitan los huesos, además hay mayor riesgo de tener osteoporosis. Es muy común a medida que envejecemos; las mujeres son más propensas, sobre todo cuando llegan a la menopausia, ya que disminuyen los niveles de estrógeno. Dicha patología está asociada a un bioelemento que participa en la formación de huesos y dientes, en la coagulación sanguínea y en la transmisión nerviosa. ¿A qué bioelemento hace referencia el párrafo anterior?

A) cobalto
B) potasio
C) calcio
D) fósforo
E) magnesio

16. La deficiencia de hormonas tiroideas está relacionada al desarrollo de bocio y cretinismo endémico; por ello como política de salud se introdujo el ..... en la sal, por ser un producto de consumo masivo y continuo para de esa manera reducir la incidencia de dichas patologías.

A) calcio B) zinc C) yodo
D) hidrógeno E) cobalto

Lumbreras Editores

CAPÍTULO IV

BIOMOLÉCULAS

Objetivos

- Comprender la estructura de las moléculas que se encuentran en las células y en las sustancias extracelulares: el agua, los glúcidos, las proteínas, los lípidos, los ácidos nucleicos y las vitaminas.
- Explicar y comprender las funciones e importancia de las moléculas que se encuentran en los seres vivos.
- Identificar y comprender las patologías asociadas a la alteración estructural y/o funcional de las moléculas orgánicas.

Introducción

Los seres vivos estamos compuestos de una diversidad de bioelementos, estos se encuentran enlazados formando biomoléculas. ¿Por qué los átomos se enlazan? Porque tales sustancias logran estabilidad al unirse. Los átomos se encuentran formados por corpúsculos menores, tales como protones, electrones y neutrones; en ese estado, alcanzan niveles altos de energía, por lo que son muy inestables y reactivos; al formar enlaces con otros átomos disminuye su nivel de energía, lo que genera un incremento de su nivel de estabilidad.

La estabilidad de las moléculas biológicas permite la estabilidad de los seres vivos. El agua y el ADN son moléculas muy estables; sin embargo, la estabilidad e inestabilidad molecular son propiedades de la materia. Ciertas condiciones de inestabilidad molecular permiten la evolución a niveles superiores: la materia evoluciona de lo simple a lo complejo, de lo inestable a lo estable, de lo inferior a lo superior.

Por ejemplo, en una célula bacteriana hay alrededor de 5000 clases diferentes de moléculas y unas células vegetal y animal tienen aproximadamente el doble, estas miles de moléculas están compuestas de bioelementos (CHNOPS). En los organismos se encuentran cuatro tipos diferentes de moléculas orgánicas en gran cantidad: los carbohidratos (compuestos de azúcares), lípidos (moléculas no polares, muchas de las cuales contienen ácidos grasos), proteínas (compuestas de aminoácidos) y nucleótidos (moléculas complejas que desempeñan papeles centrales de los intercambios energéticos). Y también pueden combinarse para formar moléculas más grandes conocidos como ácidos nucléicos. Así también podemos decir que las moléculas orgánicas están presentes en todos los seres vivos.

1▸ DEFINICION

Las biomoléculas se hallan conformando los organismos. La palabra molécula proviene de los vocablos *moles*, que significa 'masa' y la terminación *ola*, que significa 'pequeñas', así que etimológicamente significa pequeñas masas de los organismos.

Las biomoléculas resultan de la unión de dos o más átomos que pueden ser de un mismo elemento o de elementos distintos mediante enlaces. Muchas proporcionan el medio para llevar a cabo reacciones bioquímicas, por ejemplo, el agua y las sales; otras son altamente energéticas como los glúcidos y los lípidos. El papel estructural le corresponde principalmente a las proteínas; la conservación y trasmisión de la información hereditaria es función principal de los ácidos nucleicos, y la mantención del metabolismo activo se encuentra dado por las enzimas, vitaminas y hormonas.

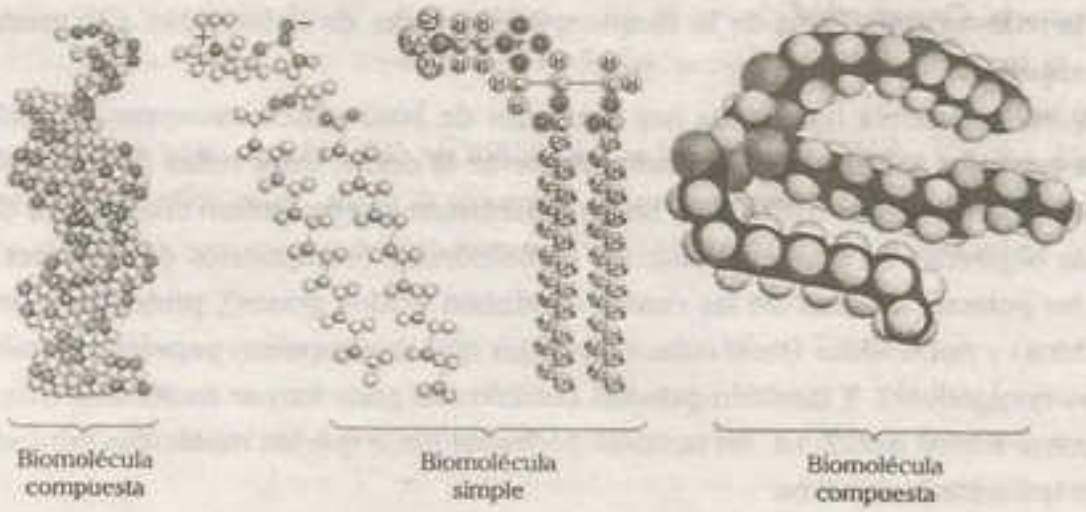
1.1. CLASIFICACION

Las biomoléculas pueden ser simples o compuestas. Son simples cuando la molécula está constituida por átomos del mismo elemento químico, por ejemplo, el oxígeno molecular (O_2), y compuestas cuando existen átomos de diferentes elementos, por ejemplo, el dióxido de carbono (CO_2) y el agua (H_2O).

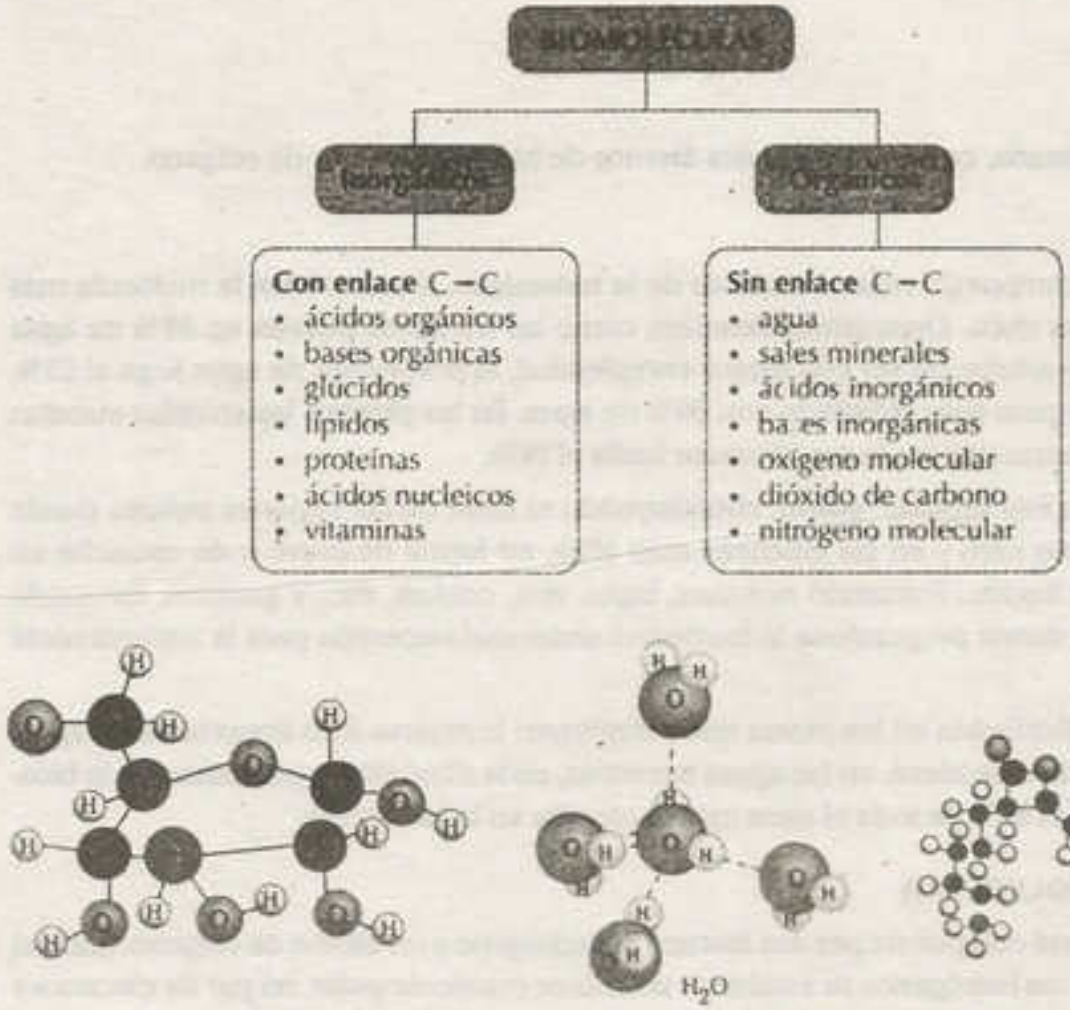
BIOMOLÉCULAS	
Simples	Compuestas
formadas por un elemento	formadas por dos o más elementos
dos a más átomos de un mismo elemento	dos o más átomos de diferentes elementos
oxígeno molecular	agua, dióxido de carbono, glúcidos , lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, etc.

twitter.com/calapenshko

Las biomoléculas simples o compuestas pueden ser inorgánicas u orgánicas.



Las biomoléculas simples solo presentan un tipo de enlace, mientras que las compuestas si adicionan otros tipos de enlace como el puente de hidrógeno.



Las biomoléculas son orgánicas si presentan el enlace C - C, de lo contrario son inorgánicas.

1.1.1. Biomoléculas inorgánicas

Se refieren a todas aquellas biomoléculas que en su estructura no presentan enlaces covalentes carbono-carbono (C-C). Se distribuyen ampliamente y son imprescindibles para la subsistencia de todo organismo que habite nuestro planeta. Entre ellas tenemos el agua, el oxígeno molecular, el dióxido de carbono, las sales minerales, algunos ácidos y bases.

1.1.2. Biomoléculas orgánicas

Son todas aquellas biomoléculas que están constituidas por esqueletos de átomos de carbono (C–C), a los cuales se ligan otros elementos. Originalmente se les denominó orgánicas porque se creía que solo los organismos vivos podían elaborarlas; sin embargo, en la actualidad, muchas de estas moléculas son sintetizadas en el laboratorio.

Las biomoléculas orgánicas más importantes son los glúcidos, los lípidos, las proteínas, los ácidos nucleicos, las vitaminas, algunos ácidos y bases orgánicas. Cada una de estas moléculas presenta una estructura definida, algunas al cumplir una función específica e interactuar entre ellas mismas permiten desarrollar el metabolismo; otras, al sumarse entre sí, logran conformar las diversas estructuras biológicas.

2▸ AGUA

2.1. DEFINICIÓN

Molécula inorgánica binaria, compuesta por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno.

2.2. DISTRIBUCIÓN

El agua no solo es el compuesto más abundante de la naturaleza, sino también la molécula más abundante de los seres vivos. Organismos sencillos como las medusas poseen un 98% de agua corporal; en el hombre adulto, un ser con mayor complejidad, el porcentaje de agua llega al 63%, siendo el cerebro el órgano más hidratado con 90% de agua. En las plantas, las semillas cuentan con 10% de agua, mientras que las frutas alcanzan hasta el 96%.

El agua se presenta en tres estados: sólido, constituyendo el hielo de las regiones polares donde la temperatura está bajo cero y en las cumbres muy altas, en forma de nieve o de escarcha en estaciones invernales; líquido, formando océanos, lagos, ríos, cochas, etc., y gaseoso, formando parte de la atmósfera, donde proporciona la humedad ambiental necesaria para la supervivencia de los seres vivos.

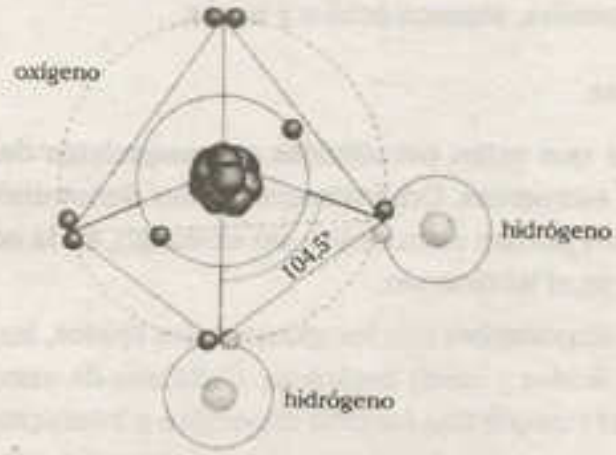
El agua se encuentra distribuida en los mares que constituyen la reserva más importante de agua, en los depósitos de hielo o de nieve, en las aguas terrestres, en la atmósfera y por último en la biósfera, cabe resaltar que el 97% de toda el agua está contenida en la hidrósfera.

2.3. ESTRUCTURA MOLECULAR

La molécula de agua está compuesta por dos átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno. Entre el oxígeno y cada uno de los hidrógenos se establece un enlace covalente polar, un par de electrones compartidos; pero el oxígeno, por ser más electronegativo, termina concentrando los electrones en su zona, esto determina una molécula dipolar con polo positivo y polo negativo.

La disposición de los átomos de hidrógeno respecto del oxígeno es tal que entre ellos forman un ángulo de 104,5°. La molécula de agua presenta bajo peso molecular, es por tal razón que puede encontrarse en estado gaseoso.

ESTRUCTURA TETRAÉDRICA DE LA MOLÉCULA DE AGUA

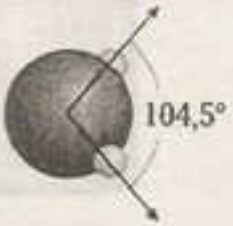


Se puede observar la existencia de dos pares de electrones compartidos.

2.4. NATURALEZA DEL AGUA

2.4.1. Dipolaridad

La molécula de agua es dipolar, esta característica surge por la presencia de los enlaces covalentes polar entre los átomos de hidrógeno y el átomo de oxígeno, y además, por la presencia de un ángulo HOH que mide 104,5°.



El ángulo HOH es de 104,5°.

El agua es una molécula dipolar.

2.4.2. Cohesión molecular

La unión entre dos moléculas de agua adyacentes ocurre por una fuerte atracción electromagnética (dipolo-dipolo) denominada puente de hidrógeno.

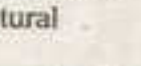
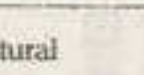
El puente de hidrógeno es una interacción electrostática entre el núcleo de hidrógeno de una molécula de agua y el par de electrones no compartidos de otra; representa el enlace intermolecular más fuerte que existe, dado que confiere a la masa de agua una gran cohesión.

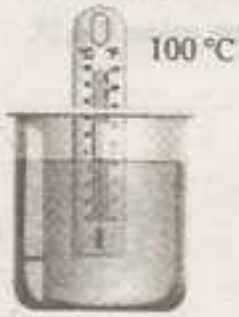
Una molécula de agua puede unirse a 3,5 moléculas de agua en estado líquido y a 4 moléculas en estado sólido.

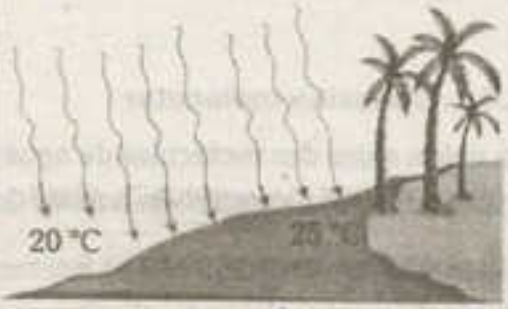
2.5. PROPIEDADES FISICAS DEL AGUA Y SERES VIVOS

El agua a temperatura común se encuentra en estado líquido, no tiene olor ni sabor, ebulle a los 100 °C y se solidifica a 0 °C. A pesar de ser incolora, en grandes proporciones presenta una tonalidad azulada. Al congelarse aumenta su volumen, pero su densidad disminuye; es por ello que en regiones muy frías, el agua de los mares forma una capa de hielo en la superficie sin que esta se vaya al fondo por tener una menor densidad que el resto de agua líquida. La mayor densidad del agua está a los 4 °C en estado líquido.

Además de estas propiedades, el agua constituye un gran disolvente de sólidos como jabones y sales; de líquidos como ácidos y alcoholes, y de gases como el oxígeno y el anhídrido carbónico.

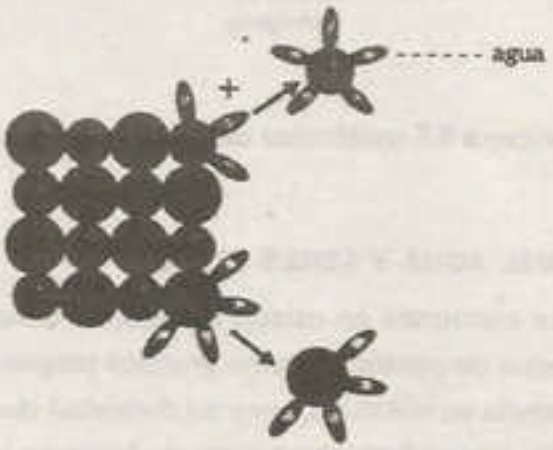
PROPIEDADES FÍSICAS	
Estado físico	fase sólida (hielo)
Fórmula molecular	H_2O
Fórmula estructural	 HOH = 104,5°
Fórmula estructural	 (Lewis)
Peso molecular	18,016 uma
Características organolépticas	color : incolora sabor: insípida olor: inodora
Punto de fusión	0 °C (1 atmósfera de presión)
Punto de ebullición	100 °C (1 atmósfera de presión)
Capacidad calorífica	1 cal/g °C
Sistema cristalino	hexagonal





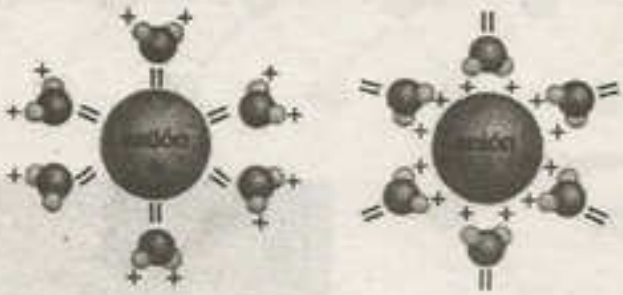
2.5.1. Elevada constante dieléctrica

El agua tiene una alta capacidad para desestabilizar las moléculas polares, tales como las sales, ácidos y bases, y algunas moléculas orgánicas que tengan grupos polares. Al ser desestabilizada una molécula polar, se separan sus componentes, los cuales son rodeados por moléculas de agua. Este mecanismo capacita al agua como un gran disolvente; sirve como medio para las reacciones celulares, la absorción de moléculas nutritivas y la excreción de desechos.



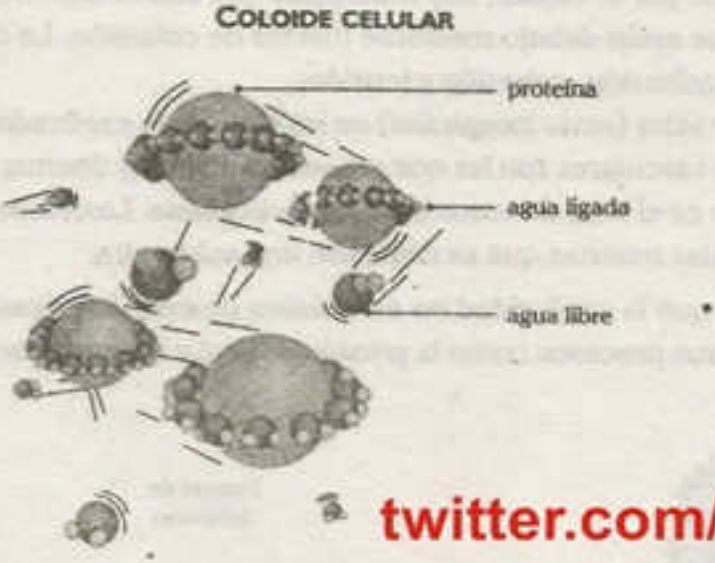
El agua puede actuar alterando la estructura molecular con la ruptura de enlaces de las sales como el cloruro de sodio, debido a su elevada constante dieléctrica.

La interacción entre un soluto y el solvente, sin que ocurran cambios químicos significativos, se denomina disolución o solvatación de la sustancia; cuando el solvente es el agua, se denomina hidratación.



El agua es un gran disociador, pues presenta la capacidad de separar una sal en sus iones componentes: catión y anión.

La hidratación favorece la formación del estado coloidal que es característico de los seres vivos. Aquellas moléculas de agua que forman una envoltura de hidratación a los diversos iones y moléculas a nivel celular se denominan agua ligada y representan el 5% de agua celular. El 95% de agua restante, denominado agua libre, no está relacionado con iones o moléculas y actúa más bien como disolvente de moléculas.

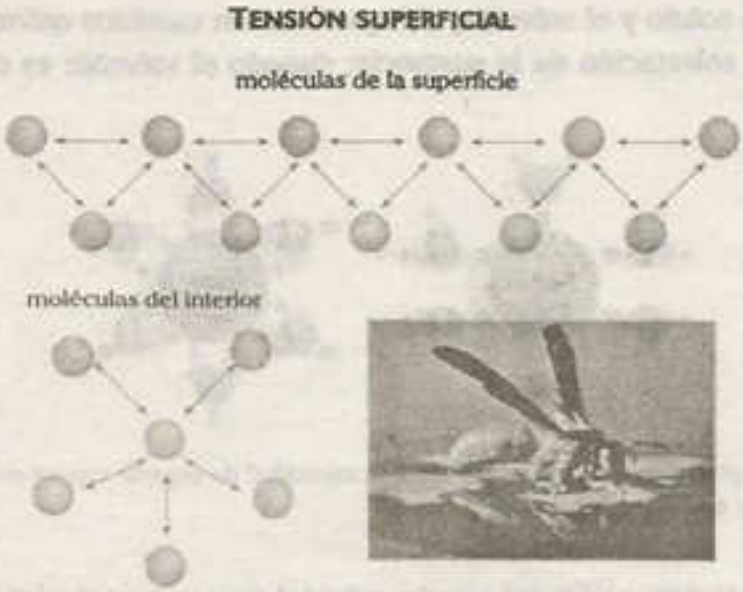


twitter.com/calapenshko

El agua, por ser gran dispersante, es capaz de separar micelas, partículas de 1 nm a 1000 nm, tales como las proteínas. Esto permite la formación del coloide celular.

2.5.2. Tensión superficial

Dada la elevada tensión superficial del agua, muchos insectos depositan sus huevos o caminan sobre la superficie de charcas de agua sin hundirse, esto se explica cuando las moléculas de agua superficiales se encuentran cohesionadas con las moléculas de agua inferiores, formando una red molecular compacta que soporta las presiones externas. El valor de la tensión superficial guarda relación directa con la frecuencia de puentes de hidrógeno entre las moléculas de agua, de modo que su valor disminuye al calentarse.



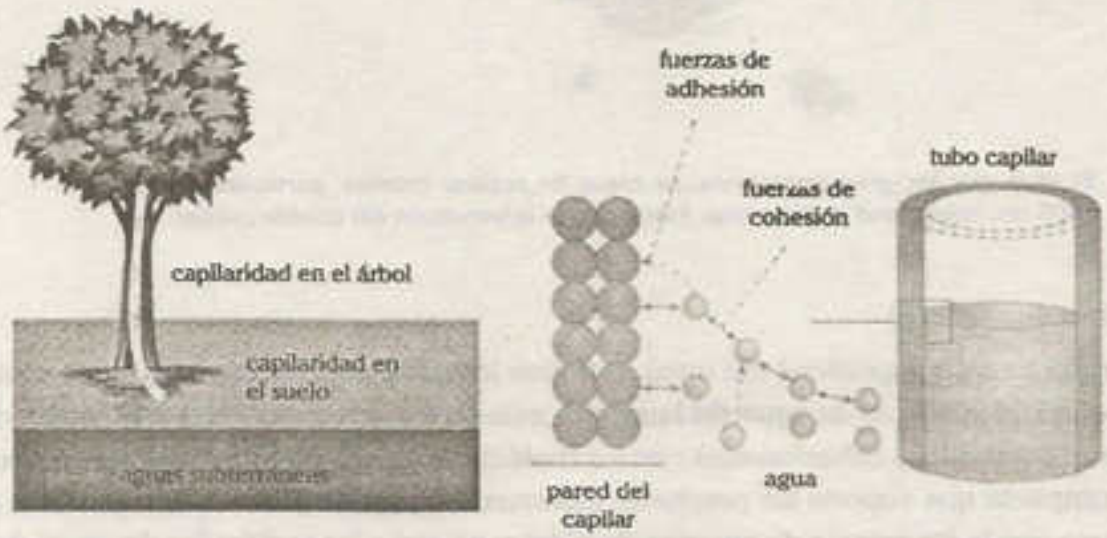
Muchos insectos caminan sobre el agua sin hundirse, esto se debe a la elevada tensión superficial de esta molécula.

2.5.3. Capilaridad

Es aquella capacidad del agua que le permite ascender por un tubo fino denominado capilar. Cuando el agua asciende por el capilar, hay moléculas que suben adheridas a la pared del tubo y jalan a las moléculas que están debajo mediante fuerzas de cohesión. La capilaridad ocurre por la suma de las fuerzas de adhesión, cohesión y tensión.

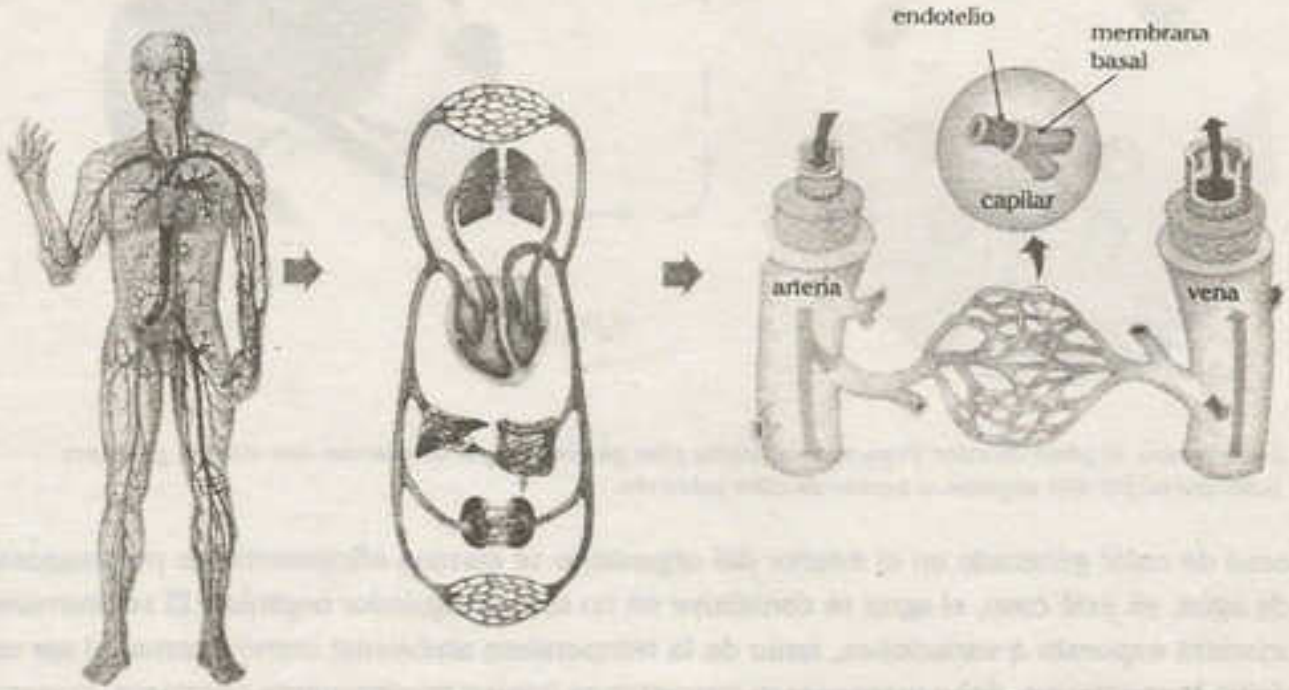
La ascensión del agua y sales (savia inorgánica) en las plantas es explicada a través del proceso de capilaridad. Las plantas vasculares son las que presentan xilema y floema; así, la capilaridad se da a través del xilema, que es el total de vasos leñosos de la planta. Los vasos leñosos son tubos muy finos formados por células muertas que se disponen una sobre otra.

Es importante destacar que la capilaridad no es el único proceso implicado en la ascención de la savia inorgánica, hay otros procesos como la presión radical y la transpiración.



En los árboles, el proceso de capilaridad ocurre a través de tubos finos denominados vasos leñosos (xilema).

La propiedad de la capilaridad se evidencia en el cuerpo humano y en el de los animales. Los conductos por los cuales pasa la sangre son muy delgados y ahí es donde actúan los fenómenos capilares para que la sangre circule por todo el cuerpo, de arriba hacia abajo y viceversa.



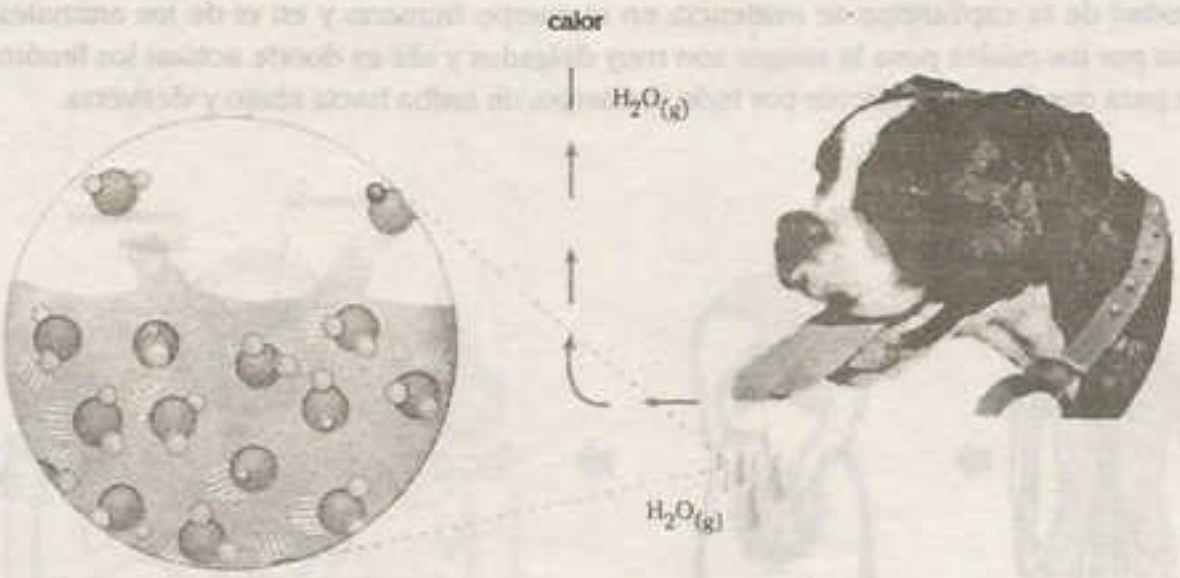
Se muestran las venas y arterias del cuerpo humano, y se puede evidenciar que estas son muy delgadas y pequeñas. Entra en juego la propiedad de la capilaridad que hace posible que fluidos como la sangre tengan la habilidad de pasar por conductos muy delgados como las venas y las arterias de una dirección a otra.

2.5.4. Elevado calor específico

Se refiere a la cantidad de energía que se necesita para elevar en un grado centígrado (°C) un gramo de cualquier sustancia. La masa de agua necesita una elevada cantidad de energía para poder elevar un grado centígrado su temperatura, porque sus puentes de hidrógeno le otorgan una gran estabilidad. Esto explica el alto punto de ebullición del agua que llega a 100 °C a una atmósfera de presión.

Durante el día, el medio terrestre se calienta con facilidad mientras que el medio acuático varía apenas su temperatura, es decir, el agua recepciona gran cantidad de calor sin cambiar considerablemente su temperatura (elevada capacidad calorífica o elevado calor específico), esto garantiza condiciones térmicas más o menos estables en el medio acuático. Así se demuestra que el agua es un excelente termorregulador ambiental.

El aumento de temperatura en una sustancia se vincula con el incremento del movimiento molecular; como las moléculas de agua son dipolares pueden asociarse entre sí (cohesión intermolecular) mediante enlaces débiles, llamados puentes de hidrógeno para formar redes moleculares. Por tal razón, al aplicar calor al agua, una gran parte de la energía sirve para romper estos enlaces intermoleculares; no obstante, hace falta más calor para generar el movimiento molecular e incrementar la temperatura. Además, para que el agua pase al estado de vapor, una vez alcanzado los 100 °C, hace falta otra dosis de calor (calor por vaporización).



En el verano, el golpe de calor (hipertermia) afecta a los perros porque no cuentan con muchas glándulas sudoríparas, por ello eliminan el exceso de calor jadeando.

El exceso de calor generado en el interior del organismo se elimina eficientemente por evaporación de agua, en este caso, el agua se constituye en un termorregulador orgánico. El ser humano se encuentra expuesto a variaciones, tanto de la temperatura ambiental como interna; al ser un organismo homeotermo, debe mantener su temperatura interna relativamente constante, cercana a los 37 °C.

La temperatura corporal no es uniforme, así la temperatura cutánea (superficial) es diferente en las diferentes regiones corporales y varía entre 29 y 34 °C, pero a cierta profundidad de la piel, la temperatura se hace uniforme (profunda), en condiciones normales es de 37 °C aproximadamente, por ejemplo, la temperatura rectal constituye una buena referencia. Al existir una diferencia de 5 a 10 °C entre la temperatura superficial y la profunda se establece un gradiente de temperatura.

La temperatura corporal depende del balance entre dos procesos: la producción de calor por las funciones que tienen lugar en el organismo (termogénesis) y la pérdida de energía térmica del cuerpo hacia el exterior (termólisis). El calor producido en el organismo es eliminado o transferido al ambiente por una serie de mecanismos tales como conducción, convección, radiación y evaporación.

2.5.5. Densidad

Al enfriarse el agua líquida aumenta su densidad, la cual alcanza un máximo de 1 g/cc a 4 °C; al seguir enfriando, la densidad empieza a descender. De esta manera, el hielo (0 °C) es menos denso que el agua líquida y flota en la superficie de los mares y lagos; esto es importante porque actúa como un aislante que evita el enfriamiento de las aguas profundas, lo que permite la vida de organismos poiquilotermos.

Estos organismos son animales que no tienen la capacidad de regular su temperatura interna, por lo que esta es variable y depende de la temperatura ambiental, aquí podemos encontrar los invertebrados, peces, anfibios y reptiles; también se les conoce como animales de sangre fría.

A todo el público en general:

El Proyecto Modo Scan+100, nace de una idea del **Team Calapenshko**, el cual es difundir todo aquel texto inédito que no esté circulando en la red.

Nuestro Grupo Calapenshko hace el mejor esfuerzo para digitalizar este libro, y así usted estimado lector pueda obtener la mejor experiencia que toda persona desea al abrir un libro.

Este proyecto llega gracias a las **donaciones que se pudo obtener de 100 personas** comprometidas con el proyecto **MODO SCAN+100**.

Este libro no debe ser prostituito monetariamente, este libro no debe ser coleccionado, este libro debe ser destruido analíticamente, así que te invito a leerlo.

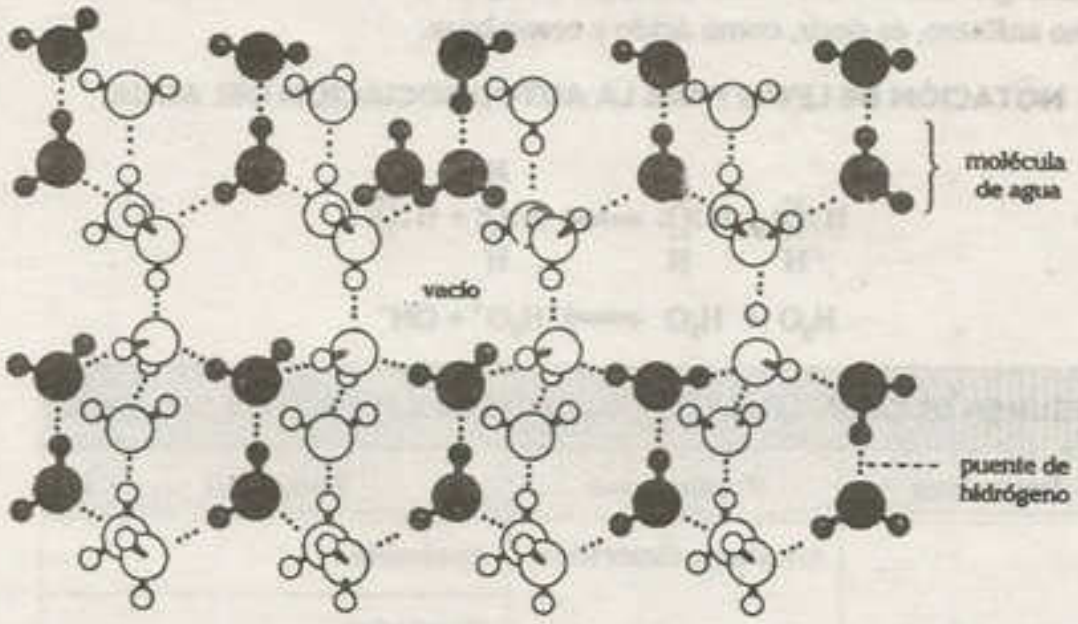
No pagues por este libro de **circulación gratuita**, búscalo en la red.

Atentamente, el **GRUPO CALAPENSHKO**

18 de agosto del 2020

La nieve aisla. La capa de nieve es muy útil, ya que conduce mal el calor por contener mucho aire. Debido a este eficaz aislamiento, muchas plantas y animales quedan protegidos contra el invierno viviendo debajo de la nieve. También la cabaña de nieve de los esquimales, el iglú, mantiene el calor.

ESTRUCTURA DEL HIELO



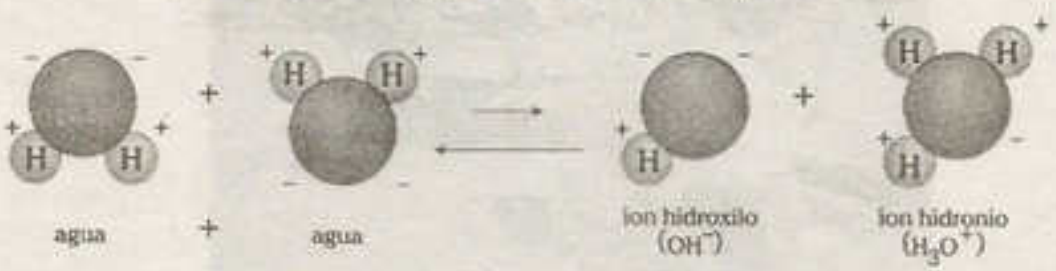
2.6. PROPIEDADES QUÍMICAS DEL AGUA Y SERES VIVOS

Son las propiedades que adquiere el agua cuando experimenta cambios en su composición. Químicamente, el agua es una sustancia muy estable; sin embargo, puede descomponerse a 1600 °C y en presencia de platino, o por electrólisis. La estabilidad del agua es muy importante para la vida, ya que explica la gran estabilidad de los seres vivos.

Se puede mencionar a la autodisociacion del agua, la cual ocurre cuando el agua líquida se ioniza en ion hidróxido (OH^-) e ion hidronio (H_3O^+), a pesar de poseer una baja tendencia para ello. La ionización se produce cuando un protón de H^+ pasa de una molécula de agua a otra.

agua agua hidroxilo hidronio

$$H_2O + H_2O \rightleftharpoons OH^- + H_3O^+$$



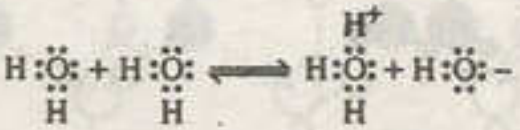
Las flechas indican la bidireccionalidad de la reacción. La flecha más larga hacia la izquierda indica que en el equilibrio la mayor parte del H_2O no está ionizada.

El ion positivo que se forma es el hidronio (H_3O^+) y no el hidrogenión (H^+); sin embargo, por convención, la autodisociación del agua se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

Según la terminología de Lewis, la autoionización del agua es una reacción ácido-base. El agua se comporta como anfótero, es decir, como ácido y como base.

NOTACIÓN DE LEWIS PARA LA AUTODISOCIACIÓN DEL AGUA

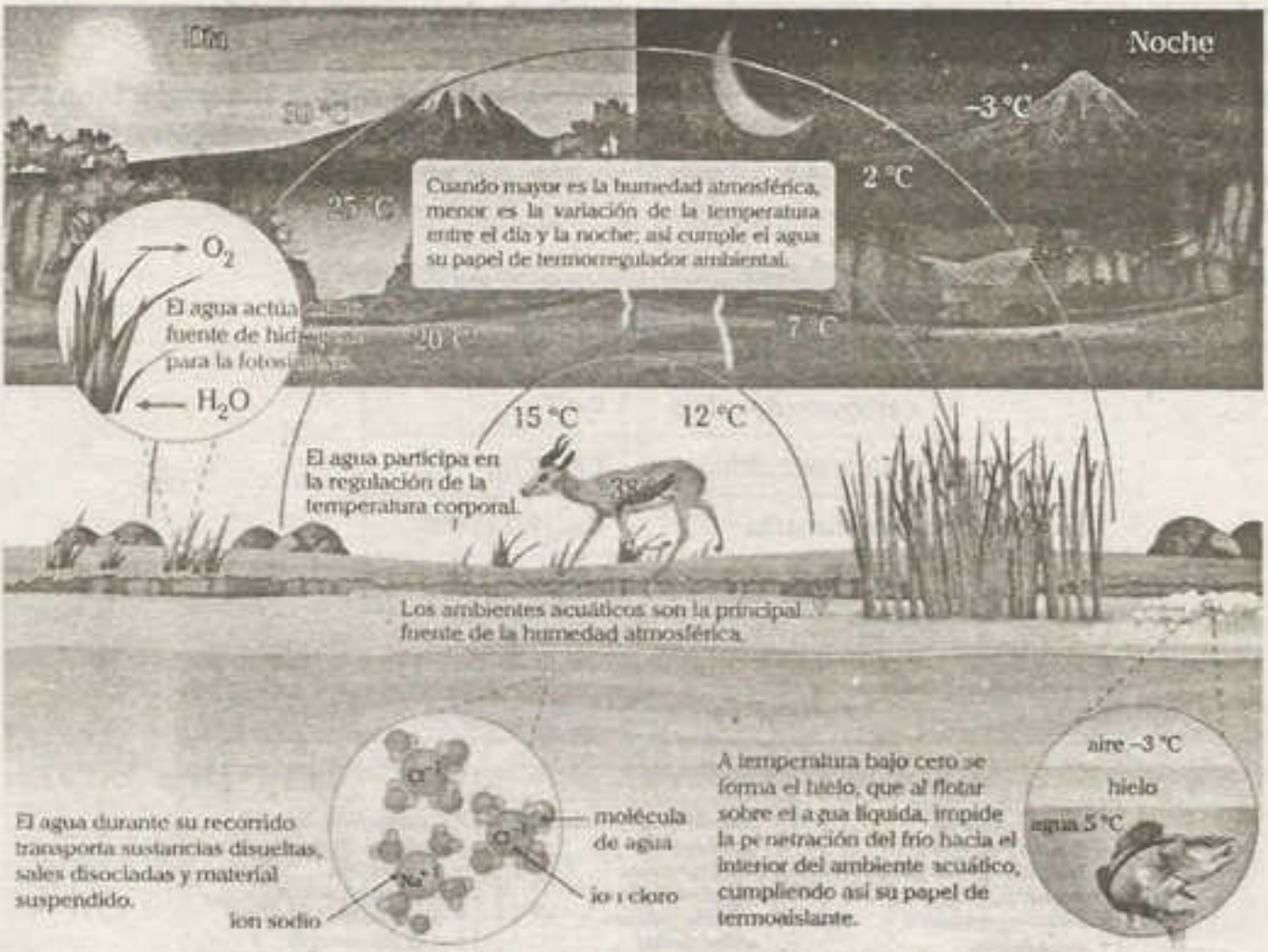


$$H_2O + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$$

RESUMEN DE LA NATURALEZA, PROPIEDADES Y FUNCIONES DEL AGUA

Naturaleza	Propiedades	Funciones
dipolar	constante dieléctrica	disolvente
		disociador
	adhesión	capilaridad
cohesión molecular	tensión superficial	
	calor específico	termorregulador ambiental y orgánico
	densidad en estado sólido o líquido	termoaislante de organismos acuáticos de regiones polares

PRINCIPALES PROPIEDADES DEL AGUA Y SERES VIVOS



3▸ SALES MINERALES

3.1. DEFINICIÓN

Son biomoléculas inorgánicas compuestas por un metal y un radical no metálico, es decir, por un catión enlazado a un anión por enlace iónico.

Estas moléculas se encuentran disociadas en iones o electrólitos (sustancias capaces de conducir corriente eléctrica) o formando estructuras duras; además, se pueden presentar como iones negativos (aniones), Cl^-, $PO^{\equiv}$, $CO^{\equiv}$, HCO^-, $SO^{\equiv}$ y I^-, o positivos (cationes) como Na^+, K^+, Ca^{++}, Fe^{++}, Mg^{++}, Zn^{++} y Cu^{++}.

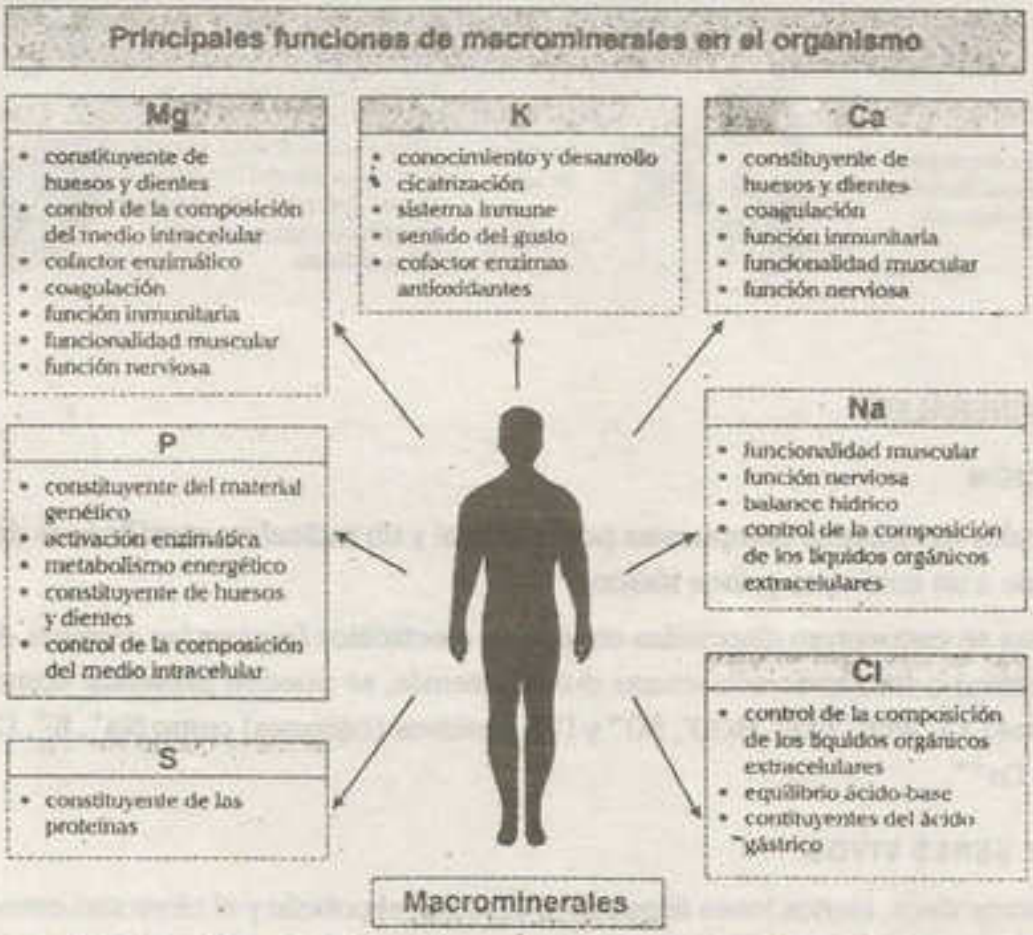
3.2. SALES Y SERES VIVOS

En los organismos vivos, ciertos iones tales como el sodio, el potasio y el cloro son esenciales para el equilibrio hídrico y ácido básico. Aunque es pequeña la concentración de sales en las células y los líquidos del cuerpo de las plantas y animales, dicha cantidad es de vital importancia para el normal funcionamiento de las células y, por ende, de todo el organismo.

En los animales, el sodio y el potasio participan en el funcionamiento del sistema nervioso; el calcio es fundamental para la contracción muscular y la coagulación de la sangre, además es componente esencial de muchas partes duras.

El calcio se encuentra bajo la forma de carbonato de calcio, fosfato de calcio e hidroxiapatita en los huesos. El carbonato de calcio endurece la concha de moluscos, tales como caracoles, colmillos de mar y choros. La hidroxiapatita es la sal más abundante que endurece los huesos y los dientes de los animales vertebrados.

Fórmula de algunas sales minerales	
carbonato de calcio	$CaCO_3$
fosfato de calcio	$Ca_3(PO_4)_2$
hidroxiapatita	$Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$
fosfato de magnesio	$Mg_3(PO_4)_2$



Ca: calcio, Na: sodio, Cl: cloro, K: potasio, Mg: magnesio, P: fósforo, S: azufre

Los minerales, aunque se requieren en cantidades muy pequeñas, tienen que ser aportados por la dieta; su deficiencia puede ocasionar trantornos orgánicos.

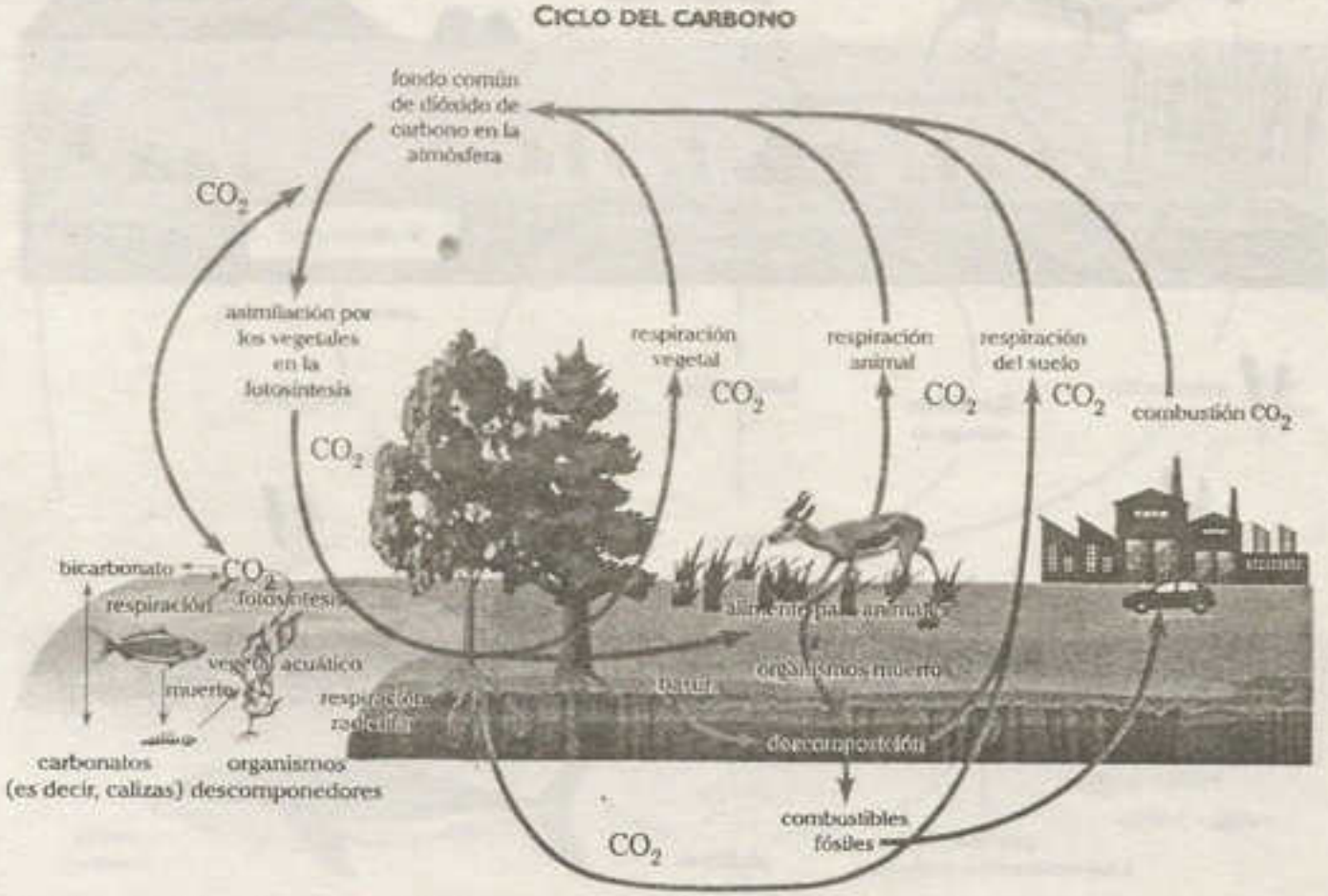
4▸ Oxígeno molecular (O_2)

Forma aproximadamente la quinta parte de la atmósfera (20%) y también se encuentra disuelto en el agua. Durante la respiración celular, el oxígeno actúa como aceptor final de electrones favoreciendo la producción de ATP, y forma agua metabólica con el hidrógeno. En la fotosíntesis, el agua es descompuesta y desprende moléculas de oxígeno para ser usadas nuevamente.

5▸ Dióxido de carbono (CO_2)

El dióxido de carbono se encuentra en la atmósfera y disuelto en agua. Es producto de la respiración de las plantas, animales y de la actividad de los volcanes. Las plantas captan el CO_2 atmosférico mediante la fotosíntesis y lo usan para producir azúcares. Comprende los siguientes procesos:

- Fotosíntesis: fijación del carbono por plantas y algas.
- Respiración: liberación del CO_2 hacia la atmósfera realizado por plantas, animales y bacterias desintegradoras.
- Combustión: a través de la quema de combustibles fósiles se libera CO_2 hacia la atmósfera.

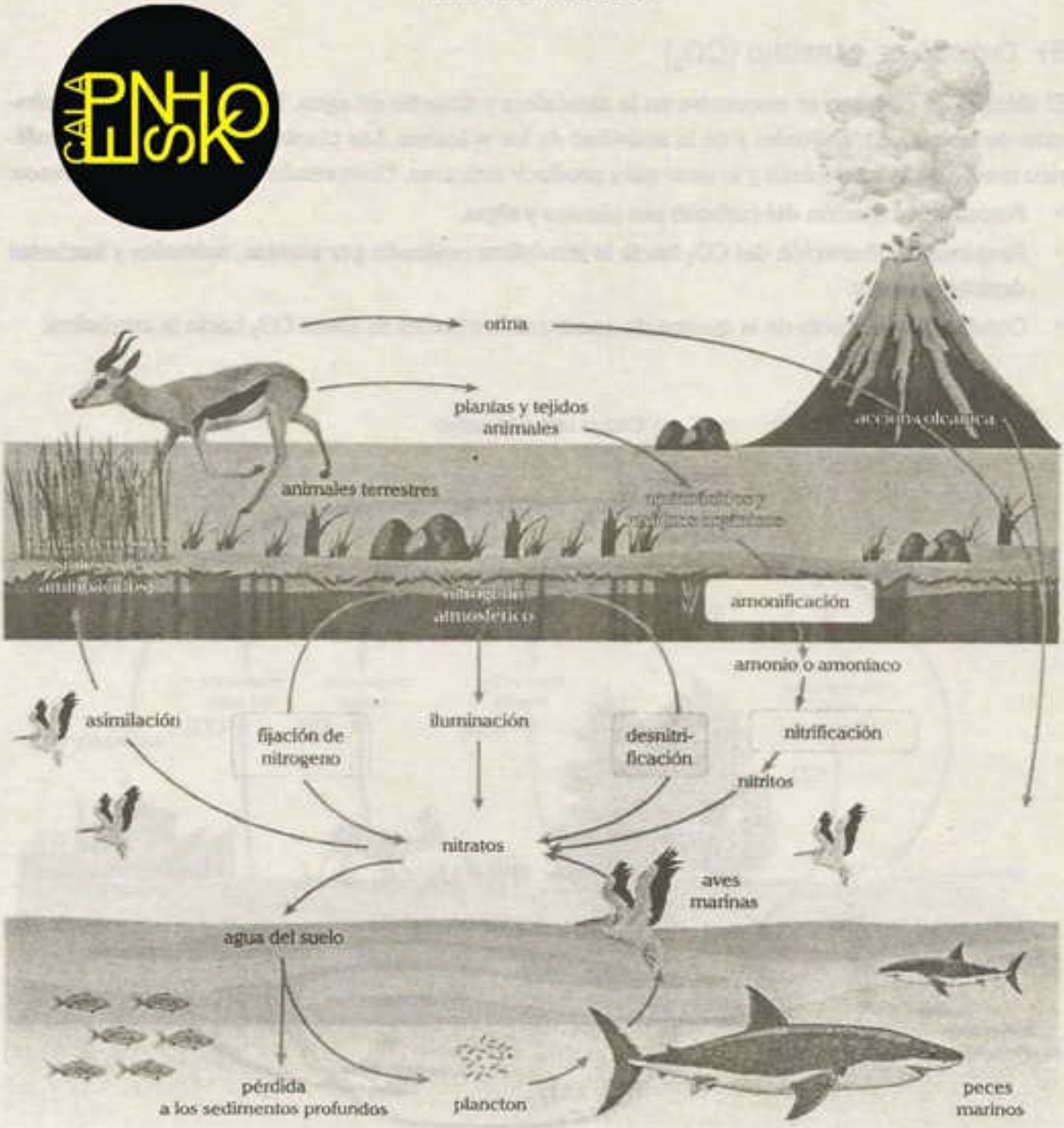


El carbono es el principal componente de la materia orgánica y se encuentra presente en la atmósfera en forma de dióxido de carbono. Su paso a través de los distintos tipos de organismos, donde participa en las más diversas reacciones y su retorno a la atmósfera, es lo que se conoce como ciclo del carbono.

6▸ NITRÓGENO

Es un gas atmosférico que fundamentalmente tiende a fijarse en la naturaleza formando compuestos inorgánicos u orgánicos como nitratos, nitritos y proteínas; presenta un ciclo de esencial importancia para el desarrollo de toda materia viviente.

CICLO DEL NITRÓGENO



El nitrógeno es el elemento más abundante en la atmósfera, es fijado y transformado en sales, por acción de bacterias, que las plantas absorben y utilizan para elaborar sus proteínas.

7▸ ÁCIDOS Y BASES

7.1. DEFINICIÓN

En los seres vivos encontramos con frecuencia determinadas sustancias que pertenecen a dos tipos: ácidos y bases. Entre los ácidos podemos mencionar al ácido láctico del yogur y al ácido acético del vinagre.

Entre las bases se encuentra con mayor frecuencia al amoniaco, NH^+, el cual es un producto de excreción de organismos acuáticos que al asociarse con el agua forma hidróxido amónico, NH_4OH; también a la leche de magnesia que al ser una suspensión de hidróxido de magnesio, $Mg(OH)_2$ es utilizada para combatir la acidez estomacal.

7.2. ÁCIDOS

Un ácido es una sustancia que se disocia en una solución liberando hidrogeniones, H^+, y un anión: ácido $\rightarrow H^+$ + anión.

Provoca el incremento del número de hidrogeniones en una solución, además es un donador de protones, ya que el H^+ es un protón. Una de sus características es el sabor agrio y poseer la facultad de cambiar en color azul el papel tornasol rojo. Los ácidos se dividen en orgánicos e inorgánicos.

7.2.1. Ácidos orgánicos

Son compuestos complejos que presentan átomos de carbono. Los ácidos orgánicos deben sus propiedades ácidas a un grupo de átomos denominado carboxilo que incluye un átomo de carbono, dos de oxígeno y un átomo de hidrógeno, simbolizado como –COOH.

Cuando se disuelve en agua un ácido orgánico con el grupo carboxilo, entonces algunos de sus grupos –COOH se disocian para liberar hidrogeniones.

$$-COOH \rightleftharpoons -COO^- + H^+$$

El ácido láctico, el ácido acético, el ácido málico y el ácido cítrico son ácidos orgánicos comunes.

a. Ácido láctico ($CH_3CHOHCOOH$)

Se encuentra en la leche agria y en el yogur. Es producido por la acción de bacterias ácido-lácticas. El *Lactobacillus* es una bacteria importante en la industria del yogur, porque al realizar un proceso fermentativo produce ácidos a partir de azúcares como la glucosa.

b. Ácido acético (CH_3COOH)

Se encuentra en el vinagre. Es producido bajo proceso fermentativo por microorganismos, tales como bacterias y levaduras (hongos) que descomponen el vino. Una de estas bacterias pertenece al género *Acetobacter* que oxida al alcohol hasta volverlo ácido acético.

c. Ácido málico

Se presenta en muchas plantas desérticas como fuente de CO_2 para el proceso fotosintético, también se encuentra en las manzanas como sustancia de reserva.

d. Ácido cítrico

Se encuentra en la naranja y el limón. Es producido en una reacción denominada ciclo de Krebs, este proceso ocurre en la mitocondria como consecuencia de la degradación total de azúcares, por ejemplo, la glucosa.

7.2.2. Ácidos inorgánicos

Son compuestos pequeños que por lo general carecen de carbono. Por ejemplo, el ácido clorhídrico y el ácido sulfúrico son ácidos inorgánicos.

a. Ácido clorhídrico (HCl)

Se encuentra en el jugo gástrico, donde actúa como factor activador del pepsinógeno al que transforma en pepsina (enzima digestiva de proteínas). El ácido clorhídrico también actúa como germicida.

$$\text{pepsinógeno} \xrightarrow{HCl} \text{pepsina}$$

b. Ácido sulfúrico (H_2SO_4)

Un grupo de bacterias quimiosintéticas oxida el azufre para formar ácido sulfúrico, luego este forma sulfatos con iones metálicos del suelo.

$$\underset{\text{azufre}}{2S} + \underset{\text{agua}}{2H_2O} + \underset{\text{oxígeno}}{3O_2} \rightarrow \underset{\text{ácido sulfúrico}}{2H_2SO_4}$$

7.3. BASES

Una base es una sustancia que actúa como aceptor de protones, también provoca un incremento en el número de oxhidrilos (OH^-). Las bases hacen cambiar a rojo el papel tornasol azul y son viscosas al tacto. Las bases más importantes en los seres vivos son compuestos del grupo amino ($-NH_2$). Este grupo presenta una tendencia débil para aceptar iones hidrógeno y formar así amoniaco, NH^+.

$$\underset{\text{amino}}{-NH_2^+} + \underset{\text{hidrogenión}}{H^+} \rightarrow \underset{\text{amoniaco}}{NH_3^+}$$

Las bases pueden clasificarse en orgánicas e inorgánicas.

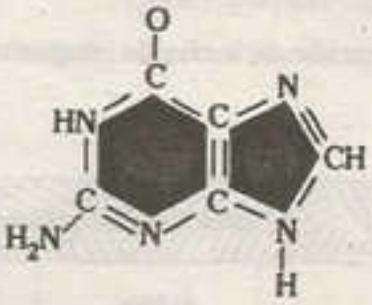
7.3.1. Bases orgánicas

Son compuestos complejos que presentan átomos de carbono y deben sus propiedades al grupo amino ($-NH_2$). Las bases nitrogenadas que constituyen los ácidos nucleicos y nucleótidos son las más importantes, entre ellas tenemos a las purinas y a las pirimidinas.

a. Purinas

Son bases con dos anillos heterocíclicos de carbono y nitrógeno. Son bases purinas la adenina que es representada con la letra A, y la guanina representada con la letra G.

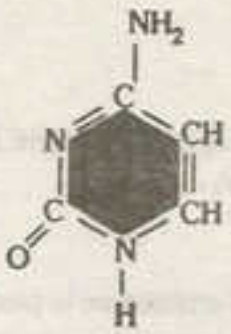
Adenina (A)



Guanina (G)

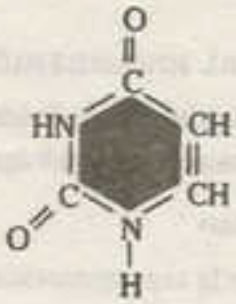
b. Pirimidinas

Son bases con un anillo heterocíclico de carbono y nitrógeno. Entre estas encontramos a la citosina, representada por la letra C; la timina, representada con la letra T, y el uracilo, representado con la letra U.



Citosina (C)

Timina (T)



Uracilo (U)

7.3.2. Bases inorgánicas

Son compuestos pequeños que carecen de carbono. Dentro de las bases inorgánicas podemos mencionar al hidróxido de sodio, al hidróxido de amonio y al hidróxido de magnesio.

a. Hidróxido de sodio (NaOH)

Aplicable en la industria del jabón, se utiliza para la limpieza de botellas en las industrias embotelladoras y para desatascar cañerías de conducción de aguas residuales.

b. Hidróxido de amonio (NH_4OH)

Se forma cuando un amoniaco NH^+ se une a una molécula de agua H_2O.

$$NH_3^+ + H_2O \rightarrow NH_4OH$$

El amoniaco es un producto de desecho del metabolismo celular en organismos acuáticos, que puede expulsarse en forma de amonio.

c. Hidróxido de magnesio ($Mg(OH)_2$)

Se utiliza para la elaboración de leche de magnesia, que es una suspensión utilizada para combatir la acidez estomacal.

7.4. POTENCIAL HIDROGENIÓN (PH)

Los grados de acidez de los fluidos biológicos se expresan por medio de la escala de *p*H. El símbolo *p*H deriva del francés *pauvoir hydrogene* que significa 'poder hidrógeno'.

7.4.1. Definición

Es la medida de la concentración de iones hidrógeno o hidrogeniones. También se le puede definir como el logaritmo del recíproco de la concentración de hidrogeniones, expresado de la siguiente forma:

$$pH = \log \frac{1}{[H^+]}$$

Se expresa matemáticamente como el logaritmo negativo de la concentración de iones hidrógeno.

$$pH = -\log[H^+]$$

*p*H: potencial hidrogenión

–log: logaritmo negativo

$[H^+]$: concentración de iones hidrógeno en moles/litro

En una solución, la concentración de hidrogeniones es muy pequeña, por esa razón es que se opta por expresar la acidez de una sustancia en términos de *p*H.

7.4.2. Escala de *p*H

Es un indicador del grado de acidez o alcalinidad de una solución o sustancia. Las soluciones pueden ser ácidas, neutras o básicas.

a. Soluciones ácidas

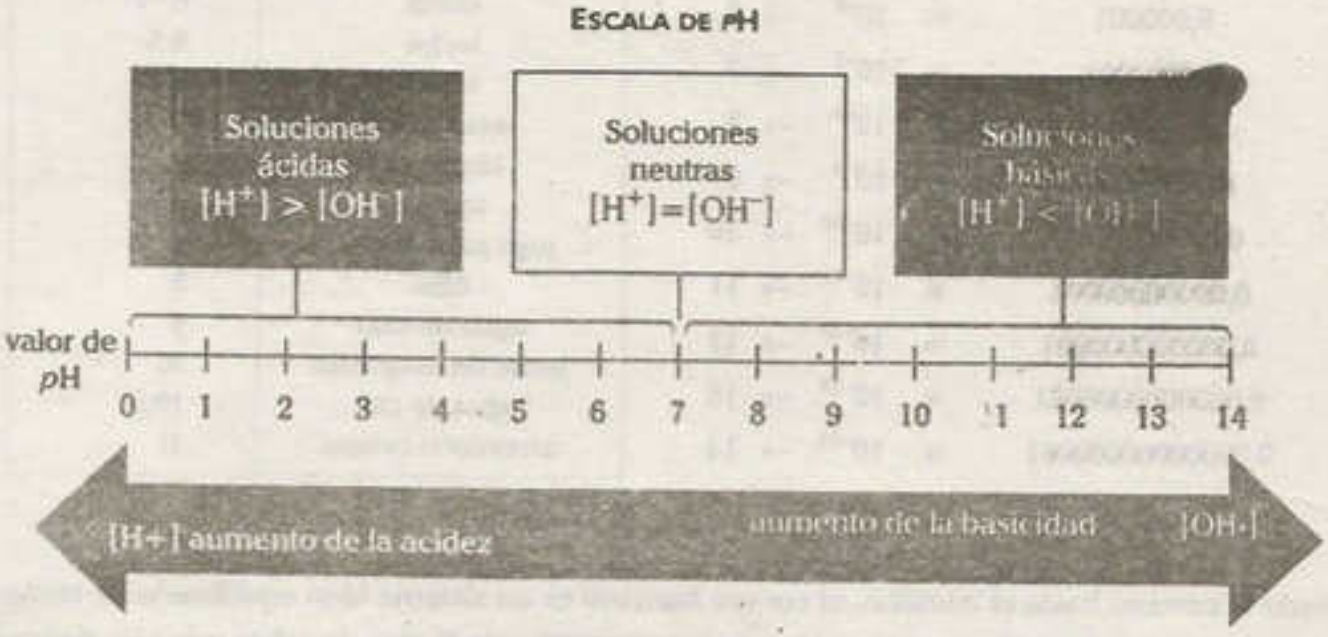
Son aquellas que contienen más iones H^+ que OH^-: $[H^+] > [OH^-]$

b. Soluciones neutras

Son aquellas que contienen igual concentración de H^+ y de OH^-: $[H^+] = [OH^-]$

c. Soluciones básicas

Son aquellas que contienen más iones OH^- que H^+: $[H^+] < [OH^-]$



La escala de *p*H presenta un intervalo del 0 al 14. Un *p*H igual a 7 indica neutralidad; uno menor de 7 indica acidez y uno mayor de 7 indica alcalinidad o basicidad.

La mayor parte de las enzimas presentan actividad máxima a un *p*H cercano a 7, el *p*H de casi todos los fluidos corporales. Además los puntos isoeléctricos de los zwitteriones se producen cerca del *p*H 7 en solución acuosa.

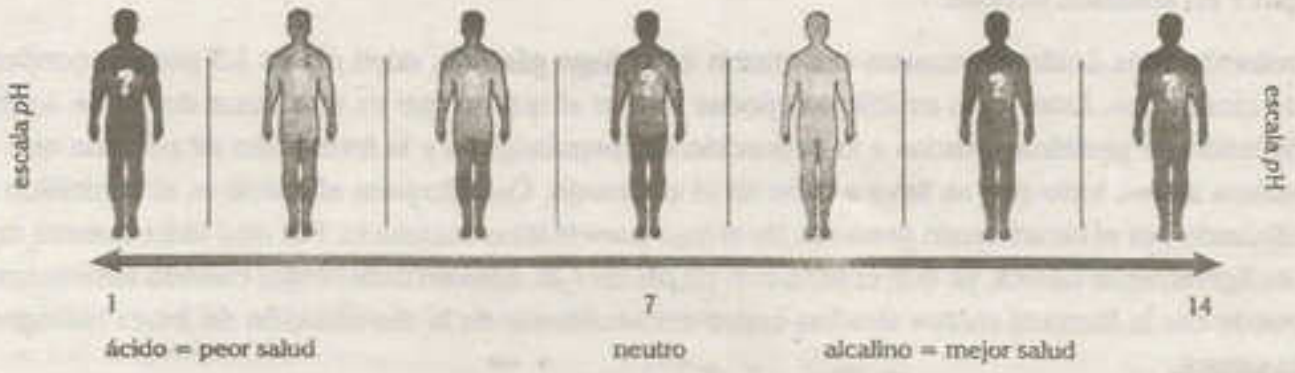
La solución más ácida en nuestro organismo es el jugo gástrico, cuyo *p*H es 1,5 porque contiene ácido clorhídrico. Este ácido es útil para poder formar el quimo que es una masa donde se inician la digestión de proteínas gracias a la activación del pepsinógeno y la formación de pepsina que es la enzima activa, todo esto se lleva a cabo en el estómago. Cuando pasa al intestino, el contenido es alcalinizado por el bicarbonato presente en el jugo pancreático secretado. Por otro lado, nuestra sangre es ligeramente básica, ya que cuenta con un *p*H de 7,35 aproximadamente; cuando almorzamos se puede dar la llamada marea alcalina como consecuencia de la disminución de iones hidrógeno de la sangre.

La escala de *p*H es logarítmica y al ser los valores 0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13 y 14 números enteros que resultan de la potenciación de las concentraciones de iones H^+ (moles/litro), se observa que

$[H^+]$		*p*H
1,0	$= 10^0$	$\rightarrow$ 0
0,1	$= 10^{-1}$	$\rightarrow$ 1
0,01	$= 10^{-2}$	$\rightarrow$ 2
0,001	$= 10^{-3}$	$\rightarrow$ 3
0,0001	$= 10^{-4}$	$\rightarrow$ 4
0,00001	$= 10^{-5}$	$\rightarrow$ 5
0,000001	$= 10^{-6}$	$\rightarrow$ 6
0,0000001	$= 10^{-7}$	$\rightarrow$ 7
0,00000001	$= 10^{-8}$	$\rightarrow$ 8
0,000000001	$= 10^{-9}$	$\rightarrow$ 9
0,0000000001	$= 10^{-10}$	$\rightarrow$ 10
0,00000000001	$= 10^{-11}$	$\rightarrow$ 11
0,000000000001	$= 10^{-12}$	$\rightarrow$ 12
0,0000000000001	$= 10^{-13}$	$\rightarrow$ 13
0,00000000000001	$= 10^{-14}$	$\rightarrow$ 14

*p*H de soluciones	
jugo gástrico	1,5
jugo de limón	2
vinagre	2,4 - 3,4
vinos	2,8 - 3,8
secreción vaginal	4,5
café	5
lluvia ácida	5 - 6
orina	6 - 7
leche	6,5
saliva	6,5
agua pura	7
lágrimas	7
sangre	7,35
jugo pancreático	8
bilis	8
agua de mar	9
leche de magnesia	10
agua de cal	10,5
amoniaco casero	11

Desde el cerebro hasta el intestino, el cuerpo humano es un sistema bien equilibrado de componentes químicos, bacterias y células. Una de las maneras más fáciles de saber que este delicado equilibrio está fuera de control es comprobandó el nivel de *p*H del cuerpo. Un perfecto balance neutro se encuentra en el 7, este es el nivel que el cuerpo trata de mantener, ya que proporciona a los diferentes sistemas el entorno correcto para funcionar.



Existen algunos indicadores que se pueden tomar en cuenta para evaluar si el cuerpo es llevado a un estado de acidez y en consecuencia que se presenten efectos perjudiciales.

- Exceso de peso: Tener demasiado ácido en el cuerpo hace que este produzca más insulina y por lo tanto, almacene más grasa. Los sistemas de desintoxicación del cuerpo son incapaces de hacer frente a la abrumadora cantidad de ácido en el cuerpo y lo empuja nuevamente a los tejidos grasos, adhiriéndose a las células, lo que impide que el cuerpo queme calorías.
- Debilidad ósea: Cuando el cuerpo está demasiado ácido, buscará su alcalinidad en alguna parte y extraerá los nutrientes de algún lugar no conveniente, como los huesos, que se debilitarán de forma progresiva y originará una predisposición a fracturas y un alto riesgo de osteoporosis. Es por ello que los médicos piden a los pacientes con osteoporosis, evitar los alimentos con alto contenido ácido como el café.
- Sensibilidad dental: En el 2015, en la revista *Journal of Chemical Engineering and Applications* se publicó un estudio que relacionaba la alta acidez del cuerpo con una disminución de la resistencia del esmalte dental.

7.5. AMORTIGUADORES

El medio intracelular de la mayoría de células animales y vegetales no es ni fuertemente ácido ni alcalino, sino que es una mezcla esencialmente neutra de sustancias ácidas y básicas. Cualquier cambio significativo en el *p*H es incompatible con la vida para evitarlos existen unas soluciones llamadas amortiguadores, *buffers* o tampones.

7.5.1. Definición

Mezcla que evita los cambios bruscos en el *p*H cuando al medio se incorporan ácidos o bases. El amortiguador funciona aceptando o donando iones hidrógeno (H^+), además consta de un ácido débil y su base conjugada, o de una base débil y su ácido conjugado.

7.5.2. Amortiguadores biológicos

Entre los sistemas amortiguadores que se conocen a nivel intracelular tenemos al tampón fosfato, al tampón proteinato y al tampón hemoglobina.

Entre los sistemas amortiguadores que se conocen a nivel extracelular el más común y de gran importancia, en la sangre humana, es el tampón bicarbonato.

Otros sistemas amortiguadores independientes que mantienen el *p*H normal de la sangre son el tampón fosfato monohidrogenado y fosfatodihidrogenado (HPO_4^{-2} y $H_2PO_4^-$), así como el tampón proteinato.

a. Tampón fosfato

Está formado por el fosfato ácido y el fosfato diácido.

Cuando hay exceso de hidrogeniones en el medio intracelular, el fosfato ácido se une con ellos para formar el fosfato diácido.

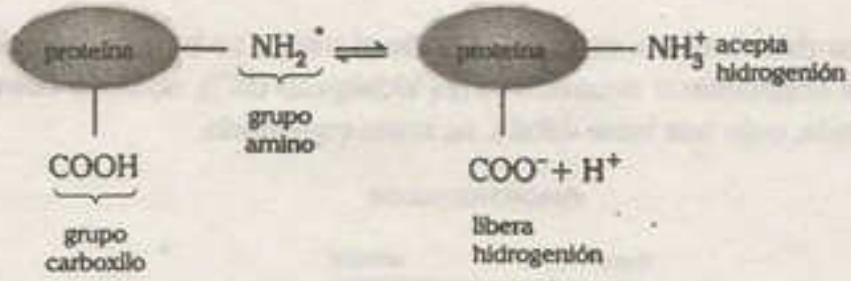
$$H^+ + HPO_4^{-2} \rightleftharpoons H_2PO_4^-$$

Cuando aumentan los iones hidroxilo, el fosfato diácido libera hidrogeniones para formar agua.

$$\underset{\text{hidroxilo}}{OH^-} + \underset{\substack{\text{fosfato}\\\text{diácido}}}{H_2PO_4^-} \rightleftharpoons \underset{\substack{\text{fosfato}\\\text{ácido}}}{HPO_4^{-2}} + \underset{\text{agua}}{H_2O}$$

b. Tampón proteinato

Se encuentra formado por las proteínas coloidales que poseen capacidad de amortiguamiento debido a sus grupos amino y carboxilo.



c. Tampón hemoglobina

La hemoglobina presenta la capacidad de liberar hidrogeniones.

d. Tampón bicarbonato

Resulta constituido por el ácido carbónico y el ion bicarbonato. En la sangre, los iones bicarbonato se forman de la siguiente manera:

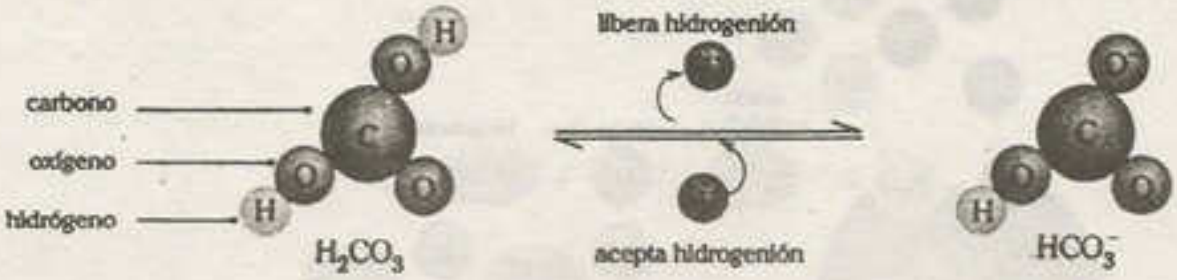
$$\underset{\substack{\text{dióxido}\\\text{de carbono}}}{CO_2} + \underset{\text{agua}}{H_2O} \rightleftharpoons \underset{\substack{\text{ácido}\\\text{carbónico}}}{H_2CO_3} \rightleftharpoons \underset{\text{hidrogenión}}{H^+} + \underset{\text{bicarbonato}}{HCO_3^-}$$

Este bicarbonato ocupa diversas funciones en el organismo como transportar el mayor porcentaje de CO_2 en la sangre (70% aproximadamente), mientras que la hemoglobina solo transporta el 30% de CO_2.

Cuando hay exceso de hidrogeniones, el ion bicarbonato se combina con ellos para formar ácido carbónico.

$$\underset{\text{hidrogenión}}{H^+} + \underset{\text{ion bicarbonato}}{HCO_3^-} \rightarrow \underset{\text{ácido carbónico}}{H_2CO_3}$$

Cuando hay exceso de hidroxilos, el ácido carbónico libera hidrogeniones para formar agua.



7.5.3. Acidosis y alcalosis

El *p*H sanguíneo es de 7,35 a 7,45 y se mantiene por proteínas y bicarbonatos principalmente; sin embargo, el *p*H puede alterarse en determinadas ocasiones, estas alteraciones son conocidas como acidosis y alcalosis.

a. Acidosis

Es la disminución del *p*H de la sangre a valores menores de 7,35. La acidosis puede ser consecuencia de efectos metabólicos o respiratorios.

Acidosis metabólica

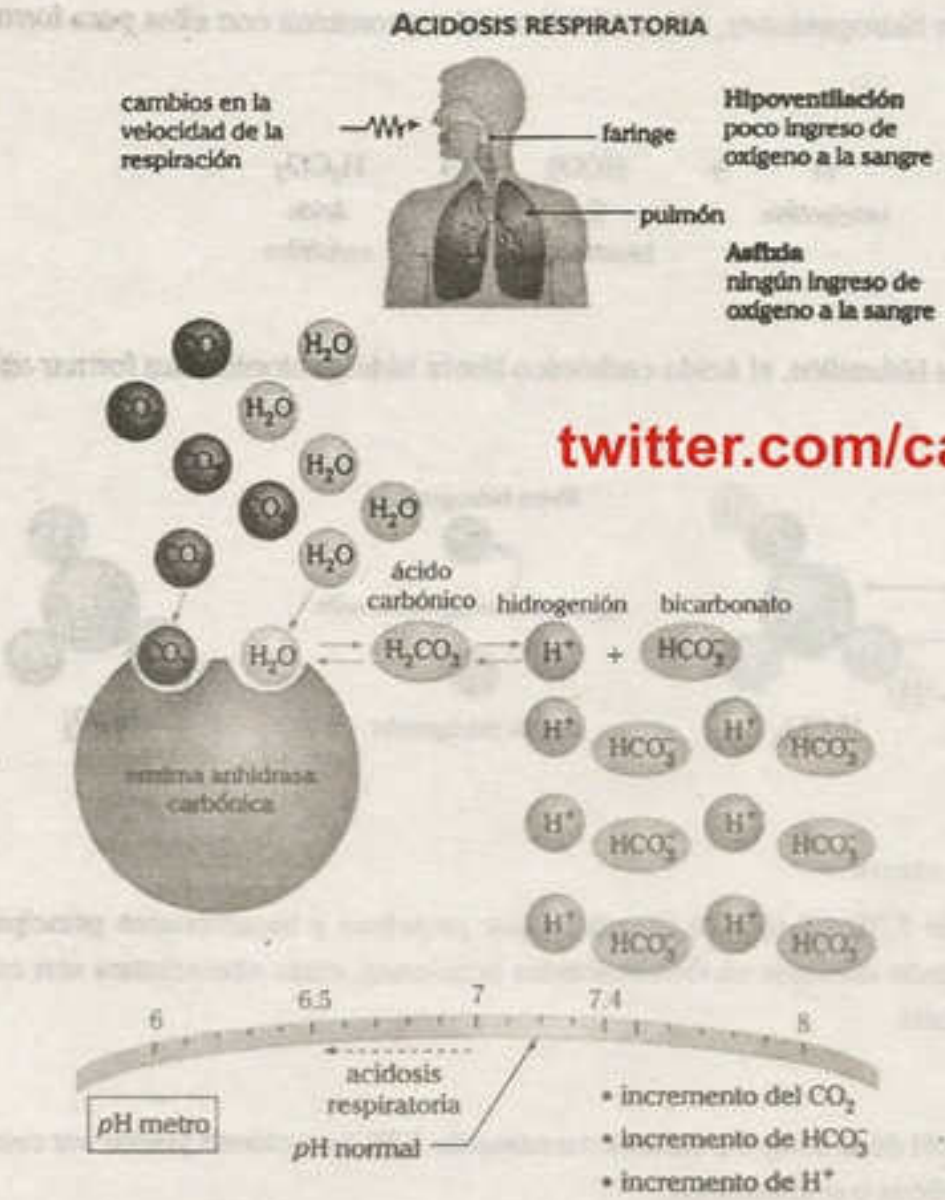
Se produce cuando una enfermedad, una lesión, un veneno, o un órgano funciona mal y se agregan cantidades excesivas de ácidos a la sangre. Las causas de la acidosis metabólica pueden ser la diabetes *mellitus* no controlada, en la que grandes cantidades de cuerpos cetónicos (ácidos) entran a la sangre; el hambre y la diarrea severa que genera pérdida de bicarbonato en el intestino.

Acidosis respiratoria

Se produce por cambios en la velocidad de la respiración. Si el individuo no puede exhalar CO_2 por los pulmones, este gas se comienza a acumular y ocasiona la producción de más ácido carbónico que se ioniza aumentando la concentración de hidrogeniones.

Incremento de $CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$

La acidosis respiratoria puede producir infarto cardiaco, enfisema (los alveolos pulmonares se llenan de aire que no puede salir), neumonía y asma. Las drogas neurodepresivas como el diazepam disminuyen la velocidad de la respiración, produciendo acidosis respiratoria.



twitter.com/calapenshko

En condiciones de hipoventilación y de asfixia, la enzima anhidrasa carbónica de la sangre cataliza la unión del CO_2 al H_2O generándose el ácido carbónico (H_2CO_3). El ácido carbónico luego libera hidrogeniones (H^+) a la sangre transformándose en el ion bicarbonato (HCO_3^-). Esto origina la disminución del pH a niveles por debajo del pH 7,35, lo que se conoce como acidosis respiratoria.

b. Alcalosis

Es el aumento de *p*H de la sangre a valores mayores a 7,35. La alcalosis puede ser consecuencia de efectos metabólicos o efectos respiratorios.

Alcalosis metabolica

Ocurre generalmente por vómito severo que produce la pérdida del jugo gástrico que contiene ácido clorhídrico.

Alcalosis respiratoria

Surge por cambios en la velocidad de la respiración. Si el individuo presenta una hiperventilación alveolar se produce fiebre, insuficiencia cardiaca, intoxicación por salicilato, tirotoxicosis y síndrome nefrítico.

8▸ QUÍMICA DEL CARBONO

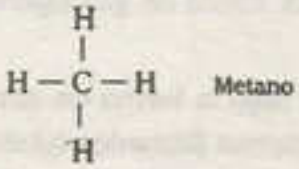
En la composición química de los seres vivos, el carbono constituye más del 50% del peso en seco, esto significa que la química de los seres vivos se organiza alrededor del carbono, sus propiedades químicas le confieren una capacidad para formar moléculas de diversas características que a lo largo de la evolución se han ido seleccionando y edificando a los seres vivos.

8.1. ESTRUCTURA

El átomo de carbono tiene un total de seis electrones, dos de los cuales se encuentran en el primer nivel de energía y cuatro en el segundo.

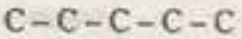
8.2. PROPIEDADES

Cada átomo de carbono puede formar cuatro enlaces covalentes con otros átomos, incluyendo otros átomos de carbono.

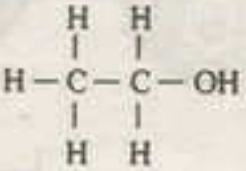


Metano

Tienden a formar cadenas estables por medio de enlaces covalentes simples que se establecen entre los átomos de carbono.



Pueden unirse con más elementos distintos que cualquier otro elemento. Generalmente se unen al hidrógeno, al oxígeno y al nitrógeno.

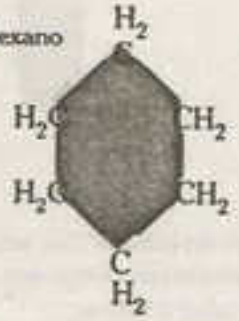


Etanol

Otorga flexibilidad a las moléculas orgánicas debido a que los enlaces simples C – C presentan libertad de rotación. En cambio, los enlaces dobles C=C y triples C ≡ C no permiten la rotación y tienden a no ser flexibles.

Ciclopentano

Ciclohexano



9▸ GLÚCIDOS

9.1. IMPORTANCIA BIOLÓGICA

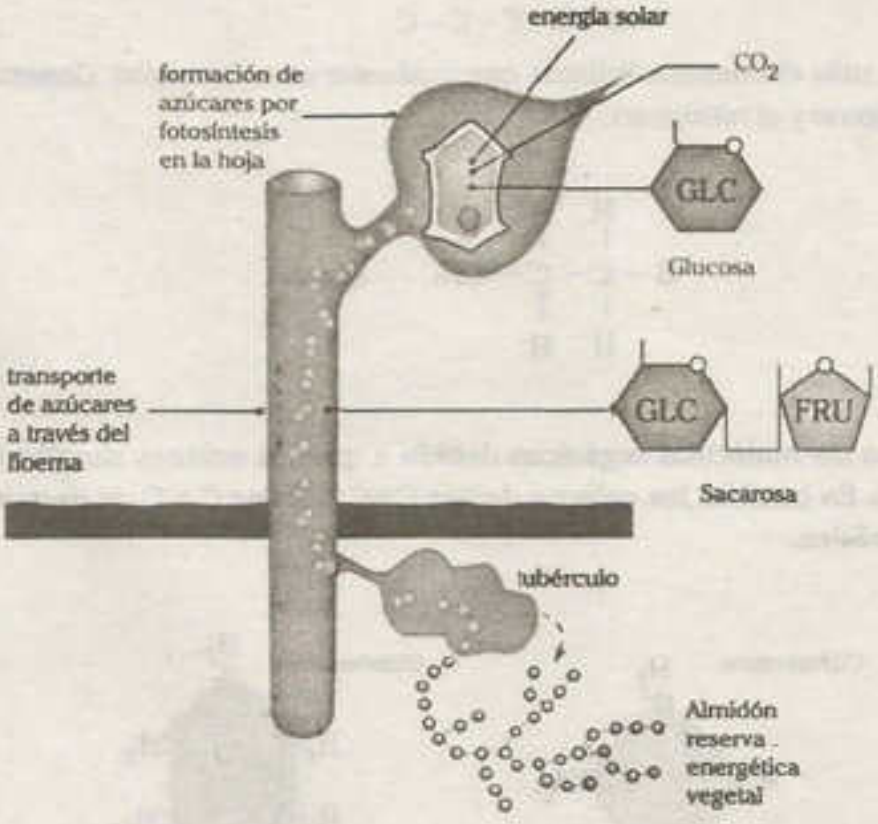
9.1.1. Energética

Los glúcidos o azúcares son importantes como moléculas energéticas, esto significa que aportan energía a los seres vivos; además de servir como combustible celular, se pueden almacenar y constituir como reserva energética en forma de cadenas (polisacáridos).

La glucosa es el más importante combustible celular. A partir de una molécula de glucosa, la célula gana 2 ATP en condiciones anaeróbicas y de 36 a 38 ATP en condiciones aeróbicas. Es así que un gramo de glucosa proporciona 3,79 kcal.

Se requiere un suministro constante de glucosa como fuente de energía, fundamentalmente para las neuronas y los eritrocitos. Las neuronas solo usan como molécula energética la glucosa; por ello, los vertebrados la almacenan bajo la forma de glucógeno que es el polisacárido de reserva común en los animales.

Las plantas también almacenan glucosa bajo la forma de almidón. En la papa, el almidón se almacena principalmente en tallos subterráneos llamados tubérculos, mientras que en la yuca y el camote se almacena en las raíces. El glucógeno es en los animales lo que el almidón representa para las plantas.



Glúcidos en las plantas. Los azúcares son producidos por las plantas en el proceso de fotosíntesis, luego son transportados por el floema y almacenados en las raíces, tallos o frutos.

9.1.2. Estructural

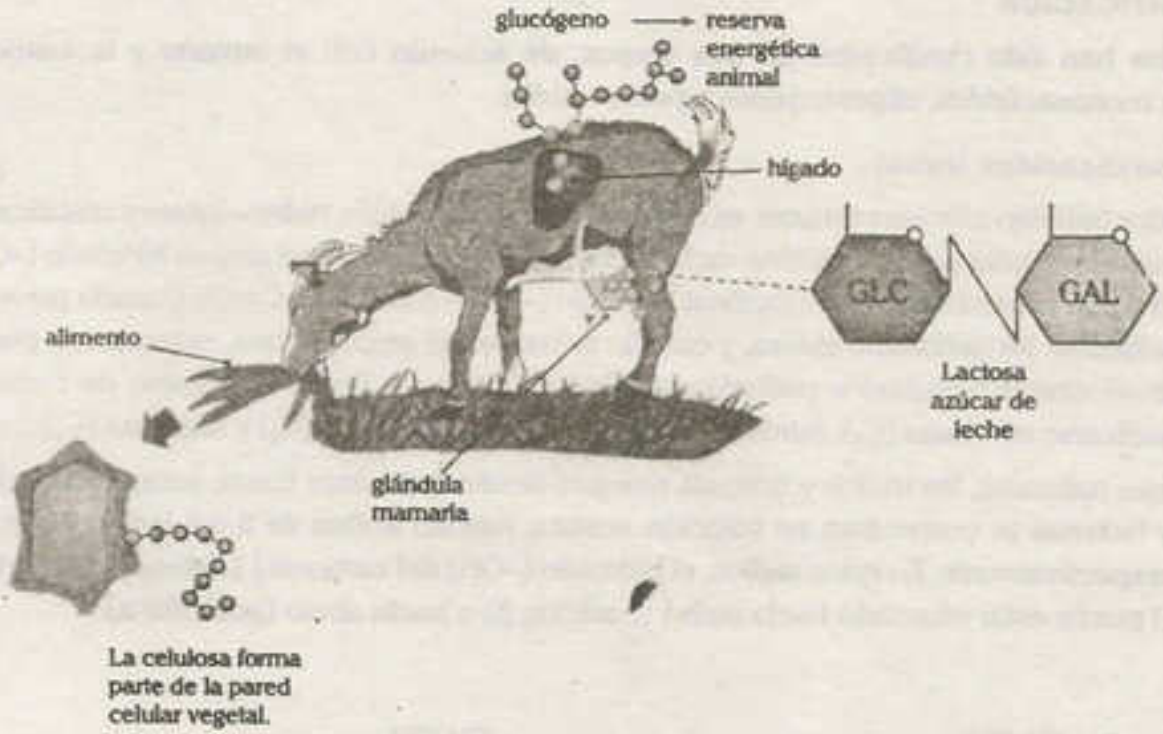
Los ácidos nucleicos ADN y ARN están hechos de azúcares de 5 carbonos, pentosas y otras moléculas simples. La ribosa es el azúcar del ARN, mientras que la desoxirribosa lo es del ADN.

Además, existen muchas estructuras duras en los animales y plantas, así como en otros seres vivos que están compuestas por glúcidos.

En las bacterias, la pared celular está compuesta de peptidoglucano, el cual es un glúcido complejo que está compuesto de aminoazúcares y ácidos urónicos asociados a péptidos. Brinda protección mecánica, ya que evita la lisis de la bacteria en el agua.

En los animales artrópodos (insectos, arácnidos, crustáceos y miriápodos), el exoesqueleto está compuesto de quitina, un polisacárido nitrogenado. El exoesqueleto es el armazón externo que envuelve y protege al cuerpo de estos animales. La quitina también compone la linterna de Aristóteles, los dientes de los erizos de mar, la rádula de los caracoles, la lengua con hileras de dientes y la pared celular de los hongos.

En las plantas, la pared celular está compuesta principalmente de celulosa y hemicelulosa. La celulosa es el azúcar más abundante del planeta.



Glúcidos en los animales. Los animales incorporan azúcares en su alimentación, en el caso de los rumiantes, la celulosa es digerida por bacterias de la panza. Estos brindan energía y son utilizados para elaborar nuevos azúcares tales como la lactosa.

9.1.3. Farmacológica

Hay algunos antibióticos como la estreptomicina que son glucósidos. La estreptomicina es producida por algunas bacterias del género *Streptomyces*.

9.1.4. Dietética

El consumo de muchas ensaladas genera una fuente importante y abundante de fibra vegetal. Esta contiene celulosa, azúcar indigerible por nuestro sistema digestivo, su consumo en grandes cantidades no aumenta nuestro peso, de esta manera, evita que las personas presenten problemas de obesidad.

La fibra vegetal va a formar parte de las heces fecales, favoreciendo la defecación. Se recomienda que las personas con hemorroides consuman mucha fibra vegetal para poder defecar con mayor facilidad.

9.2. DEFINICIÓN

Los glúcidos, también denominados carbohidratos, hidratos de carbono, sacáridos o simplemente azucares, son biomoléculas orgánicas ternarias formadas principalmente por la combinación de tres bioelementos diferentes: carbono, hidrógeno y oxígeno (C, H, O), aunque algunos glúcidos complejos pueden presentar N y/o S.

Por presentar radicales hidroxilos son considerados polialcoholes; no obstante, también presentan otros radicales tales como cetona (–CO–) o aldehído(–CHO).

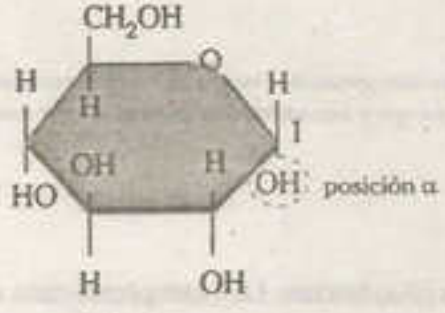
9.3. CLASIFICACIÓN

Los glúcidos han sido clasificados en tres grupos, de acuerdo con el tamaño y la estructura molecular: monosacáridos, oligosacáridos y polisacáridos.

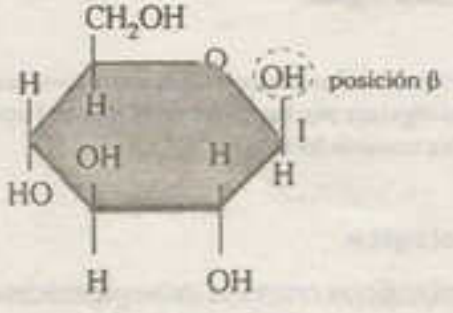
9.3.1. Monosacaridos (osas)

Denominados también azúcares simples, se caracterizan por ser dulces, hidrosolubles y cristalizables. Son moléculas formadas por una cadena carbonada de 3 a 7 carbonos con grupos hidróxilo ($-OH^-$); en uno de los que presenta el grupo funcional aldehído (–CHO) o cetona (–C=O). Cuando presentan grupos aldehído se les denomina aldosa, y cuando presentan el grupo cetona, cetosas. Así, pueden ser polihidroxicetonas (cetosas) o polihidroxialdehidos (aldosas). Según el número de carbonos, pueden clasificarse en triosas (C_3), tetrosas (C_4), pentosas (C_5), hexosas (C_6) y heptosas (C_7).

En las formas naturales, las triosas y tetrosas siempre tienen estructura lineal, aunque cuando las pentosas y hexosas se encuentran en solución acuosa, forman anillos de 5 o 6 lados, furanosa y piranosa, respectivamente. En estos anillos, el hidroxilo (–OH) del carbono 1 (aldosas) o el carbono 2 (cetosas) puede estar orientado hacia arriba (posición β) o hacia abajo (posición α).



Alfa-glucosa



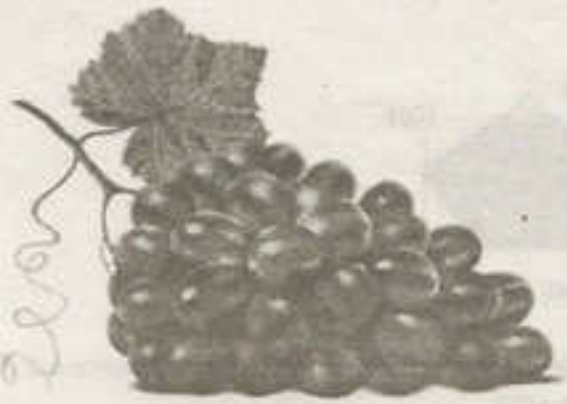
Beta-glucosa

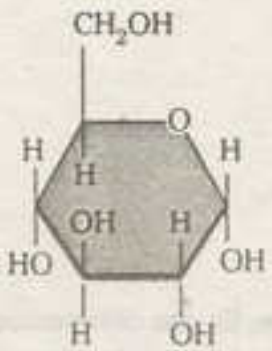
a. Monosacáridos simples

Son aquellos que solo están conformados por elementos como C, H y O. De acuerdo con el número de carbonos y al grupo funcional que presentan, los podemos clasificar de la siguiente forma:

Por su número de carbonos / Por su grupo funcional	Aldosa (–CHO)	Cetosa (–CO–)
triosa $C_3H_6O_3$	gliceraldehído	dihidroxiacetona
tetrosa $C_4H_8O_4$	eritrosa	eritrulosa
pentosa $C_5H_{10}O_5$	ribosa arabinosa xilosa	ribulosa xilulosa
hexosa $C_6H_{12}O_6$	glucosa manosa galactosa talosa	fructosa
heptosa $C_7H_{14}O_7$	–	heptulosa

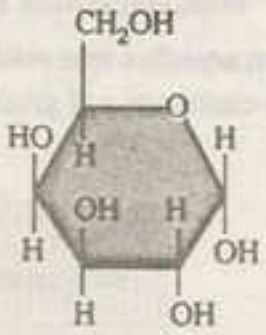
- **Glucosa.** Monosacárido más abundante en el cuerpo de los seres vivos y principal fuente de energía para el sistema viviente. Es una aldohexosa con configuración piranósica. Los polímeros de glucosa o glucanos son muy abundantes en la naturaleza, dentro de ellos destacan la celulosa, el almidón y el glucógeno.





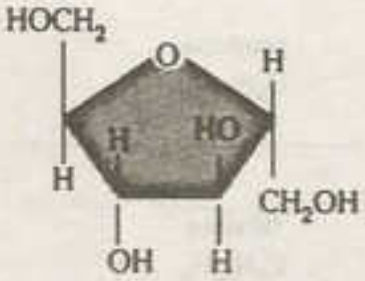
La glucosa o también conocida como dextrosa o azúcar de la uva es la principal fuente de energía inmediata.

- **Galactosa.** Es una aldohexosa formada por las glándulas mamarias a partir de la glucosa. La galactosemia es una enfermedad hereditaria que se caracteriza por la incapacidad del organismo de metabolizar la galactosa en glucosa donde puede provocar lesiones en el hígado, insuficiencia renal, afectación del sistema nervioso central, retraso en el crecimiento, cataratas, entre otras. Las consecuencias de esta enfermedad pueden llegar a ser mortales, por lo que es muy importante una detección inicial del problema, además de que requiere tratamiento para superar esta enfermedad.



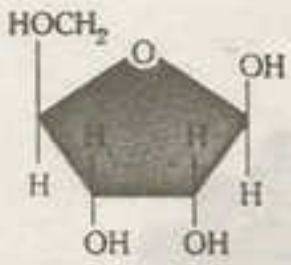
- **Fructosa.** Es una cetohexosa presente en las frutas o en la levulosa, se encuentra abundantemente en las frutas pero también en las verduras, en la miel y en otras plantas. Este es el más dulce de los carbohidratos cuya configuración es furanósica. Su polimerización origina inulina.

La piña debe su dulcibilidad a la fructosa.



La fructosa fue considerada durante mucho tiempo como el azúcar para los diabéticos debido al bajo índice glucémico; sin embargo, al irse profundizando el conocimiento del metabolismo de la fructosa, esta supuesta ventaja fue perdiendo sustento al demostrarse que del total de la fructosa absorbida a nivel intestinal, un alto porcentaje es rápidamente derivado al hígado, donde se metaboliza para dar origen a la glucosa, en más de un 50% de lo ingerido, y ácidos grasos.

- **Ribosa.** Es una aldopentosa característica del ARN (ácido ribonucleico). Además es un componente de los ribosomas que se sintetiza en el ciclo oxidativo de las pentosas fosfato.



- **Ribulosa.** Es una cetopentosa encargada de captar el CO_2 atmosférico durante el ciclo de Calvin de la fotosíntesis, donde es activada por el ATP.
- **Manosa.** Es una aldohexosa presente en pequeñas cantidades en las paredes celulares vegetales.

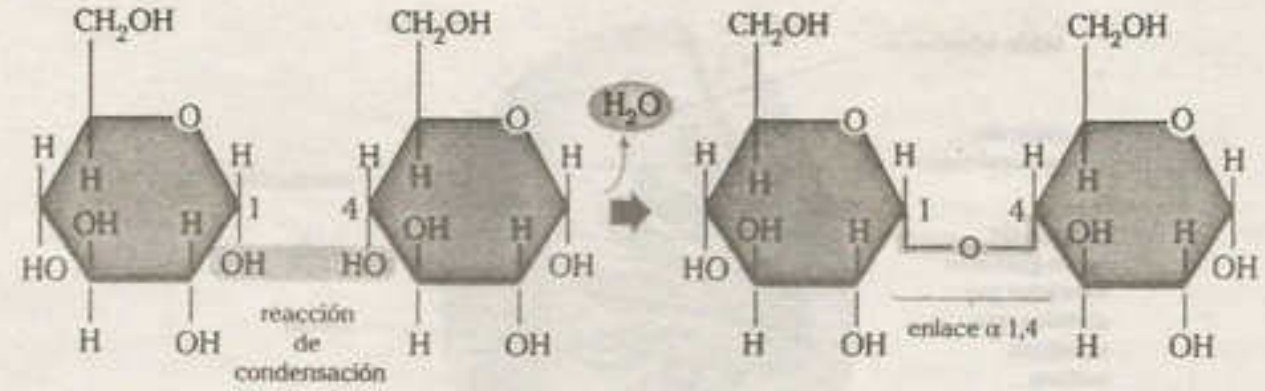
b. **Monosacáridos derivados**

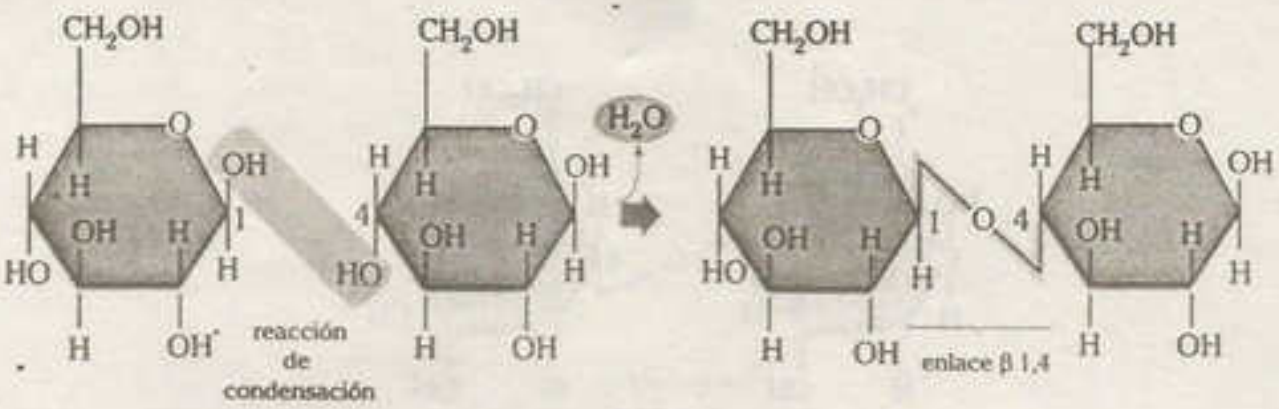
Son aquellos que sufren de alguna modificación en sus radicales alcohólicos, es decir los que son sustituidos por otros radicales. Los más comunes son los siguientes:

- **Azúcares alcoholes.** Son azúcares con todos sus carbonos y radicales alcohólicos.
- **Desoxiazúcares.** Son monosacáridos que han perdido un átomo de oxígeno; por ejemplo, la desoxirribosa que es la pentosa del ADN. La desoxirribosa deriva de la ribosa.
- **Azúcares ácidos.** Son aquellos monosacáridos que contienen grupos carboxilo en uno de sus carbonos como los ácidos glucurónico y galacturónico, este último es parte importante de la pared celular porque forma un polímero ácido denominado pectina.
- **Aminoazúcares.** Son monosacáridos con grupos amino ($-NH_2$) como la glucosamina.
- **Glucosilaminas.** Son monosacáridos con grupos o radicales aromáticos.

9.3.2. Oligosacáridos

Son aquellos azúcares que se forman por polimerización de pocos monosacáridos, los que se unen mediante enlace glucosídico. Este enlace resulta de la reacción de los grupos –OH de dos monosacáridos, en el proceso se pierde una molécula de agua. Existen dos tipos de enlace glucosídico, el alfa (α) y el beta (β). Dentro de los oligosacáridos más representativos tenemos a los disacáridos, los trisacáridos, los tetrasacáridos, los pentasacáridos y las ciclodextrinas.

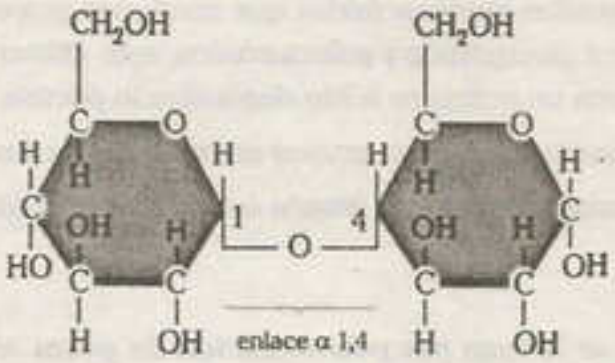




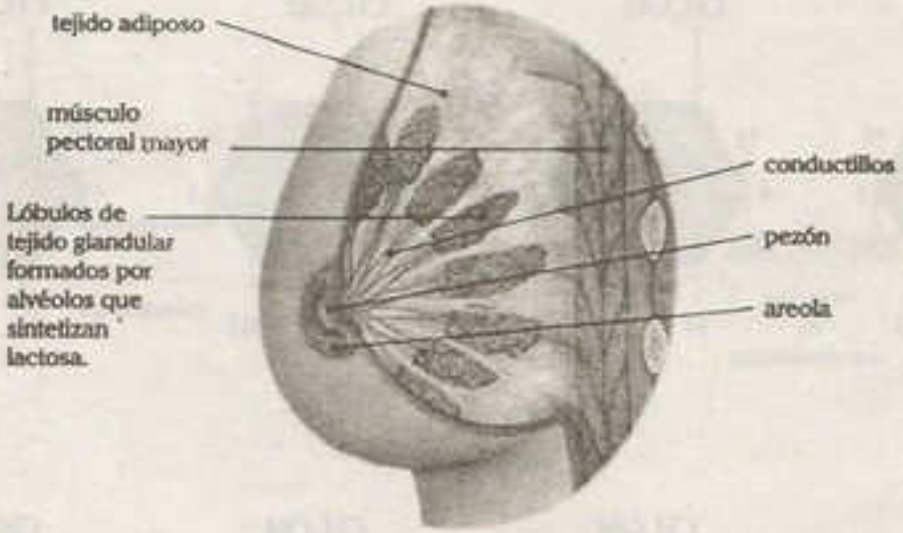
a. Disacáridos

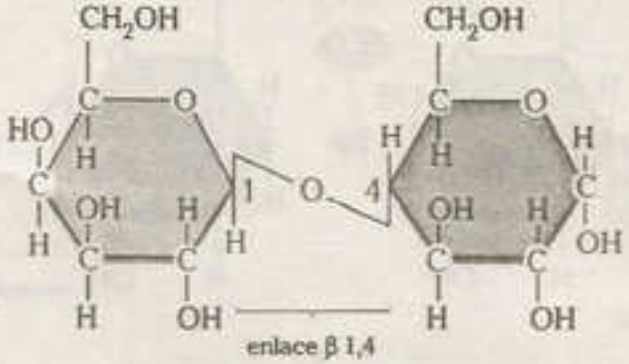
Glúcidos formados por dos residuos de monosacáridos que se unen mediante enlace glucosídico.

- **Disacáridos reductores**
  - **Maltosa.** Conocida como azúcar de malta, está compuesto por residuos de glucosa y glucosa unidas mediante enlace glucosídico α1,4. Se encuentra presente en la germinación de los cereales (trigo, cebada, avena).

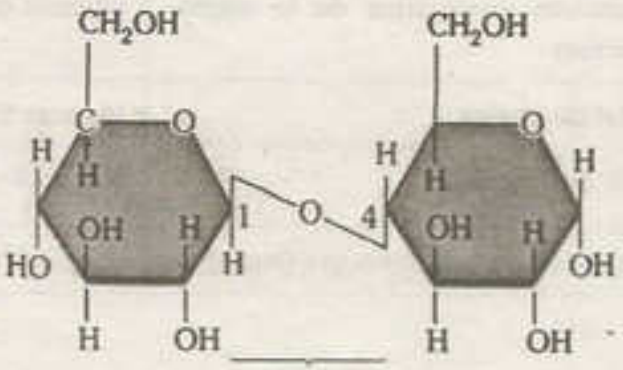


  - **Lactosa.** Conocida como azúcar de leche, está compuesta por residuos de galactosa y glucosa unidos mediante enlace glucosídico β1,4. Es sintetizada por los mamíferos a nivel de las glándulas mamarias.





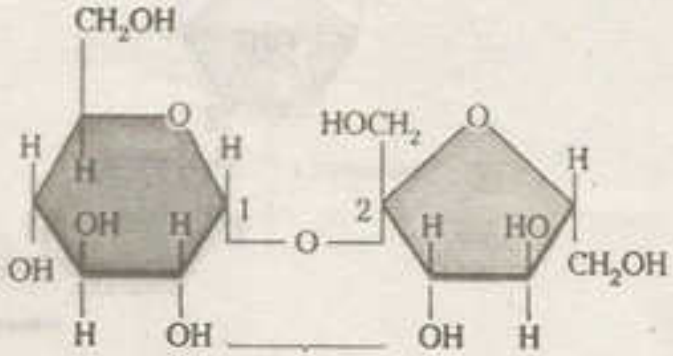
- **Celobiosa.** Está compuesto por residuos de glucosa y glucosa unidos mediante enlace glucosídico β1,4. Se encuentra presente como unidad conformadora de la celulosa en la pared celular.



enlace β 1,4

- **Disacáridos no reductores**
  - **Sacarosa.** Denominada azúcar de caña, está compuesta por residuos de glucosa y fructuosa unidos mediante enlace glucosídico α1,2. Es el azúcar que se transporta en los vegetales y se encuentra almacenada en tallos (caña de azúcar), raíces (betarraga) y frutos.

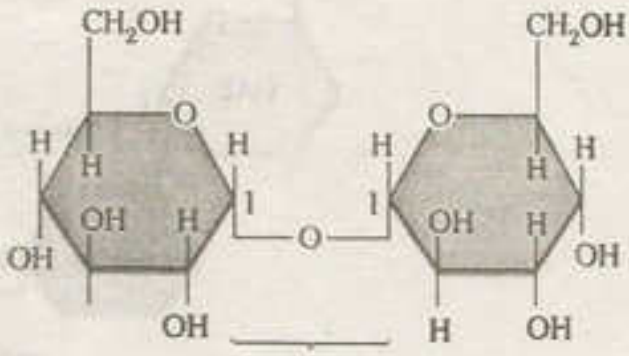
Betarraga



enlace α 1,2

  - **Trehalosa.** Está compuesta por residuos de glucosa y glucosa unidos mediante enlace glucosídico α1,1. Es el azúcar principal del hemolinfa de los insectos.

Mariquita



enlace α 1,1

A todo el público en general:

El Proyecto Modo Scan+100, nace de una idea del **Team Calapenshko**, el cual es difundir todo aquel texto inédito que no esté circulando en la red.

Nuestro Grupo Calapenshko hace el mejor esfuerzo para digitalizar este libro, y así usted estimado lector pueda obtener la mejor experiencia que toda persona desea al abrir un libro.

Este proyecto llega gracias a las **donaciones que se pudo obtener de 100 personas** comprometidas con el proyecto **MODO SCAN+100**.

Este libro no debe ser prostituito monetariamente, este libro no debe ser coleccionado, este libro debe ser destruido analíticamente, así que te invito a leerlo.

No pagues por este libro de **circulación gratuita**, búscalo en la red.

Atentamente, el **GRUPO CALAPENSHKO**

18 de agosto del 2020

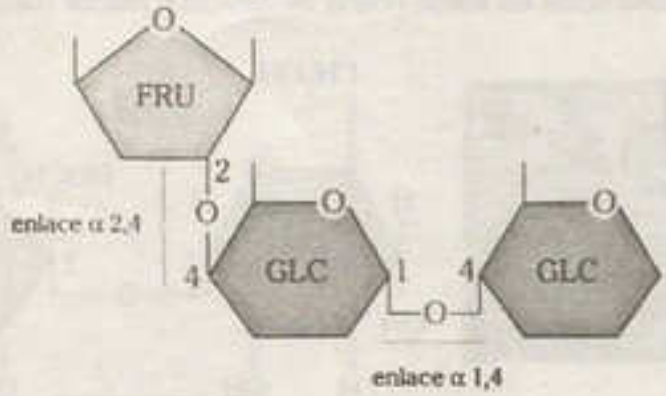
Otros disacáridos de fuentes naturales.

Disacárido	Fuente	Formado por
isomaltosa	hidrólisis enzimática de la amilopectina	glucosa (α1,6) glucosa
kojibiosa	miel de abejas	glucosa (α1,2) glucosa
quitobiosa	lisis de la quitina	N-acetil-glucosamina (β1,4)
laminorabiosa	hidrólisis de la laminarina (algas)	glucosa (β1,4) glucosa

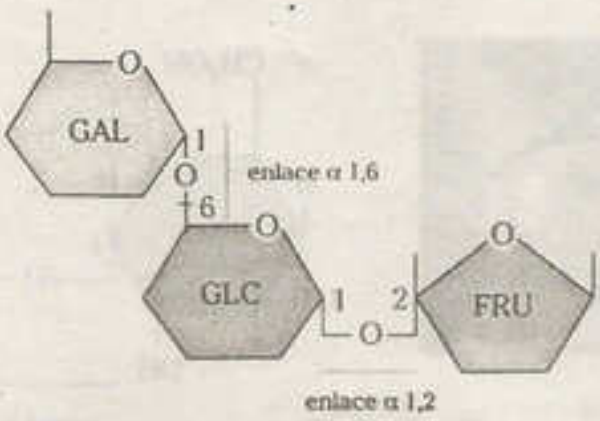
b. Trisacáridos

Son oligosacáridos compuestos por tres residuos de monosacáridos unidos por enlaces glucosídicos. Entre ellos, tenemos la melicitosa, la rafinosa, la panosa y la maltotriosa.

- **Melicitosa.** Trisacárido formado de fructosa (α2,4) glucosa (α1,4) glucosa. Se encuentra en la miel.



- **Rafinosa.** Trisacárido formado de galactosa (α1,6) glucosa (α1,2) fructosa. Se encuentra en la remolacha azucarera.



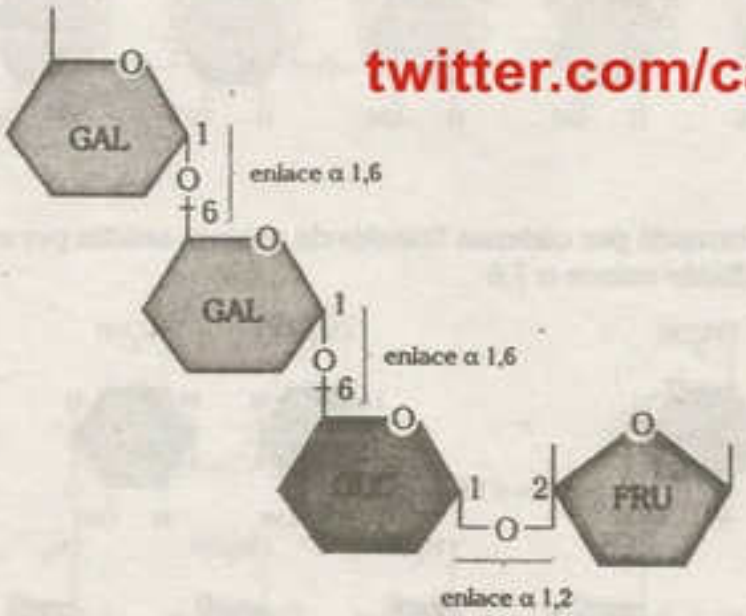
- **Panosa.** Trisacárido formado por glucosa (α1,6) glucosa (α1,4) glucosa. Se encuentra en la hidrólisis parcial de la amilopectina.
- **Maltotriosa.** Trisacárido formado por glucosa (α1,6) glucosa (α1,4) glucosa. Se encuentra en la hidrólisis parcial de la amilosa.

c. Tetrasacáridos

Oligosacáridos formados por cuatro residuos de monosacáridos unidos por enlaces glucosídicos, así tenemos a la estaquiosa que se aisló de las raíces de *Stachys* de donde deriva su nombre. Se encuentra, además, en las legumbres y la soya.

La estaquiosa está formada por galactosa (α1,6) galactosa (α1,6) glucosa (α1,2) fructosa.

twitter.com/calapenshko



d. Pentasacáridos

Son oligosacáridos formados por cinco residuos de monosacáridos unidos por enlaces glucosídicos. La verbascosa puede ser encontrada en las legumbres, la soya y otros alimentos vegetales. Está formada por galactosa (α1,6) galactosa (α1,6) galactosa (α1,6) glucosa (α1,2) fructosa.

e. Ciclodextrinas

Son oligosacáridos cíclicos que se obtienen por hidrólisis del almidón. Las principales ciclodextrinas son las alfa-dextrinas, oligosacáridos de 6 unidades de glucosa (hexosacárido) que se encuentran unidos mediante enlaces alfa 1,4, y las beta-dextrinas que son 7 unidades de glucosa (heptasacárido) unidos por enlaces alfa 1,4. Su importancia radica en el uso de estas en la industria farmacéutica.

9.3.3. Polisacáridos

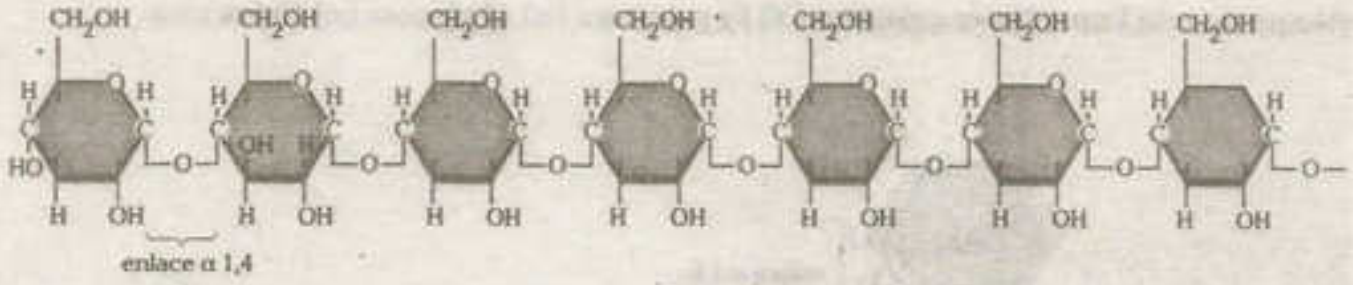
Formados por más de 10 residuos de monosacáridos, unidos por enlaces glucosídicos. Los polisacáridos pueden ser clasificados en homopolisacáridos o heteropolisacáridos.

a. Homopolisacáridos

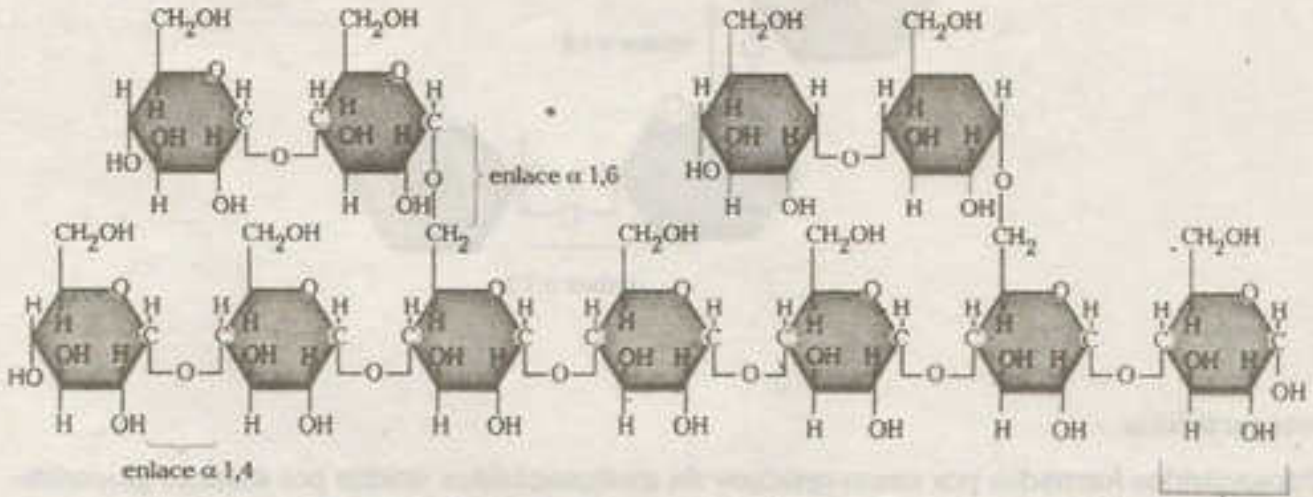
Polisacáridos formados por monosacáridos iguales.

- **Homopolisacáridos simples.** Formados por monosacáridos simples, de estos tenemos los siguientes:
  - **Almidón.** Polisacárido de reserva en los vegetales (tallos, raíces y frutos verdes) y algas. Está formado por residuos de glucosa unidos que se disponen en cadenas lineales (amilosa) y ramificadas (amilopectina). Presenta enlaces (α1,4) y (α1,6).

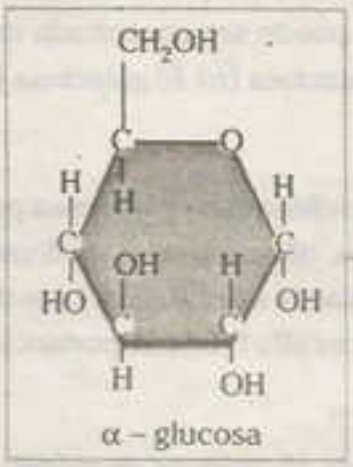
Amilosa. Cadena lineal de glucosa unidas mediante enlace α 1,4



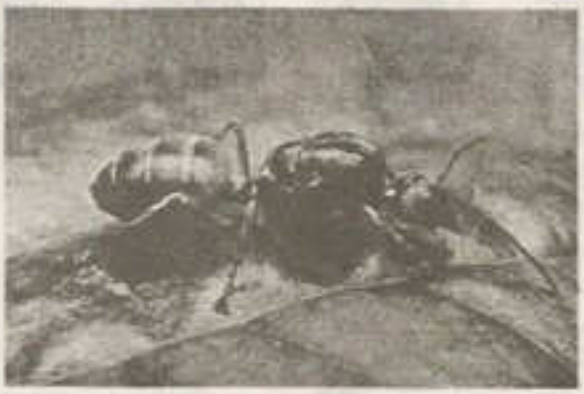
Amilopectina. Formada por cadenas lineales de glucosa unidas por enlace α 1,4 y ramificadas mediante enlace α 1,6



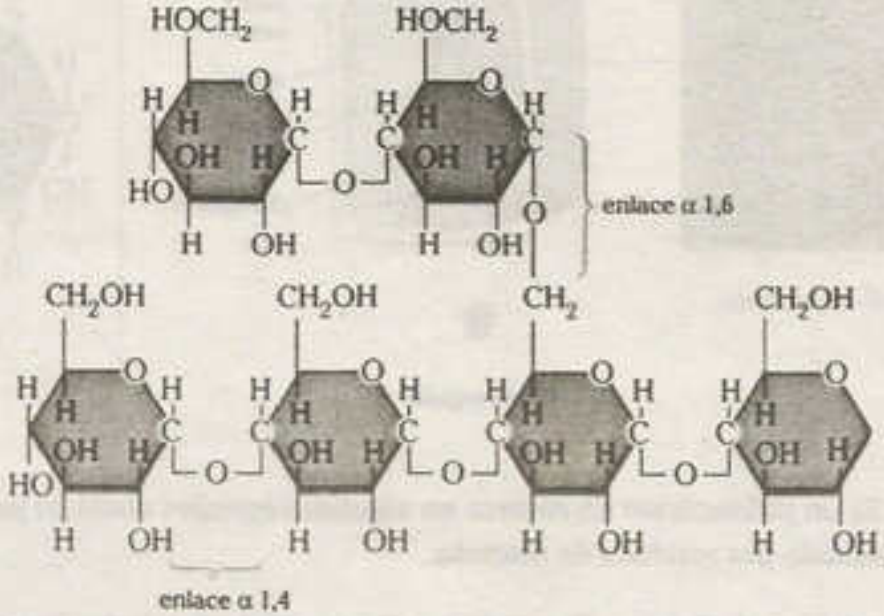
La planta *Zea mayz* (maíz) almacena almidón.



- **Glucógeno.** Polisacárido de reserva en bacterias, hongos y animales, en estos últimos abunda en el hígado y músculos. Forma cadenas mucho más ramificadas que la amilopectina. También se denomina almidón animal.

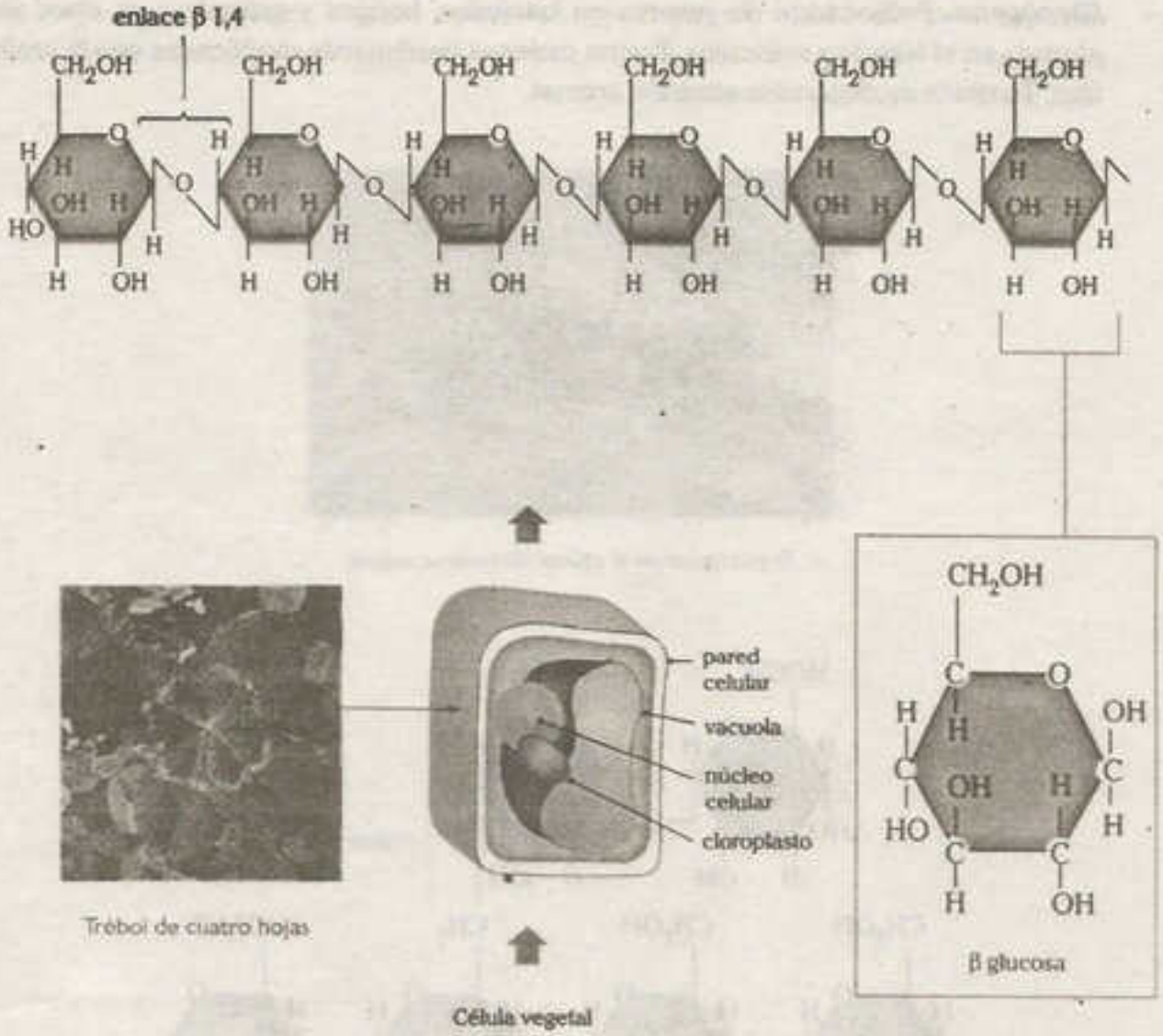


El glucógeno es el azúcar de reserva animal.



Enfermedades por acumulación de glucógeno. Son enfermedades hereditarias caracterizadas por la acumulación elevada de glucógeno en el hígado, los músculos, los túbulos renales y otros órganos. Los diferentes tipos conocidos hasta la fecha se originan por la deficiencia de una enzima en el metabolismo del glucógeno.

- **Celulosa.** Es un polisacárido estructural que forma parte de paredes celulares de vegetales y algas. La celulosa es el componente principal de la madera y de la fibra del algodón. La molécula de celulosa es una cadena lineal de residuos de glucosas unidas por enlaces β 1,4. No se puede hidrolizar por las enzimas de un organismo animal, pero sí por algunas bacterias y hongos.



Tréboi de cuatro hojas

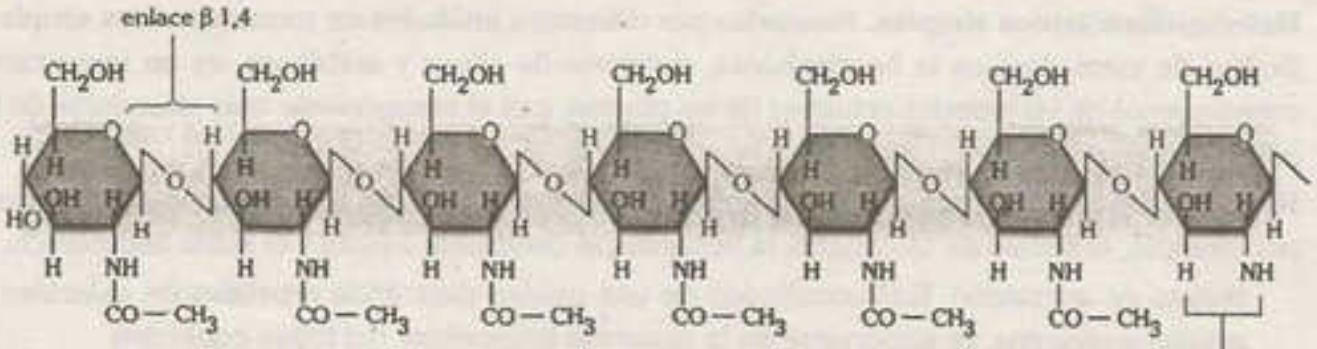
Célula vegetal

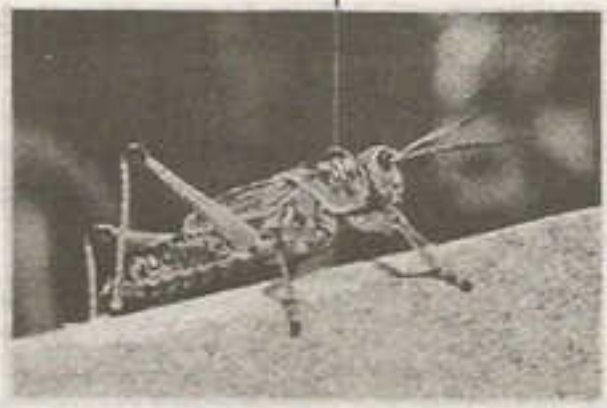
- **Inulina.** Es un polisacárido de reserva en algunos vegetales como el yacón y la alcachofa, está constituido por residuos de fructosa.

- **Homopolisacáridos derivados.** Formados por monosacáridos derivados.
  - **Pectina.** Es un polímero de ácido galacturónico, importante constituyente de la pared celular de las plantas y algas que favorece la unión de las células para la constitución de tejidos. La pectina da origen al pectato de calcio y al pectato de magnesio de las laminillas medias de los tejidos vegetales.
  - **Quitina.** Es un polisacárido estructural que forma parte del exoesqueleto de los insectos, crustáceos, arácnidos y miriápodos, también se encuentra en las paredes celulares de los hongos y está formada por residuos de N-acetilglucosamina unidas por enlace glucosídico β 1,4.

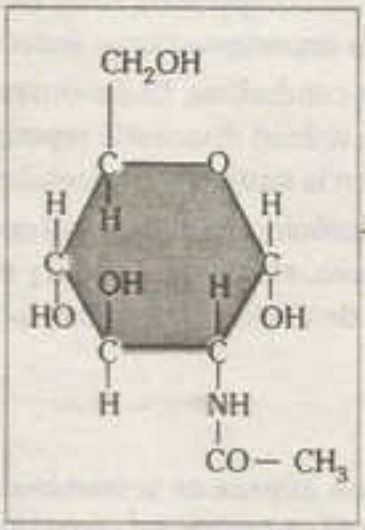
    La quitina es una molécula resistente y dura. Al menos 900 000 especies de organismos pueden sintetizarla y se ha calculado que los individuos que pertenecen a una sola especie de cangrejo producen varios millones de toneladas de quitina por año.

La quitina está presente en el exoesqueleto de artrópodos como el saltamonte, y en la pared celular de los hongos. Químicamente es un polímero de N-acetilglucosamina que se encuentra unida mediante enlaces β 1,4 glucosídicos.



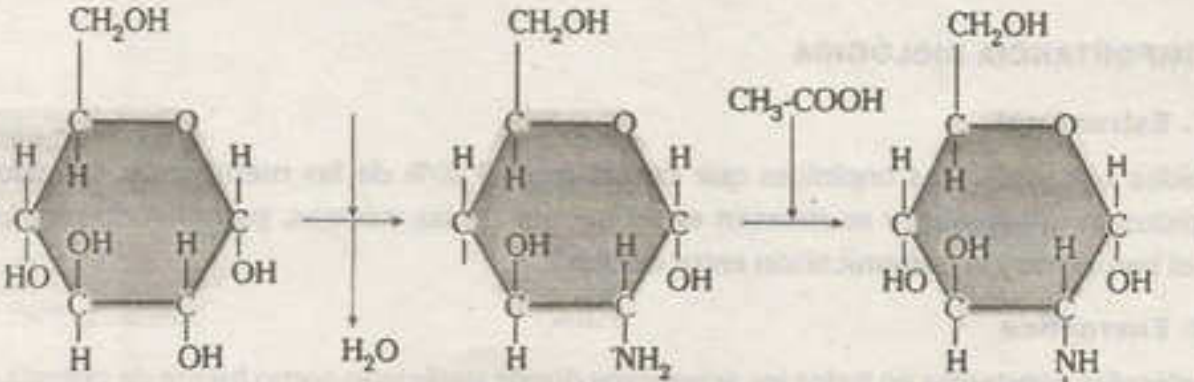


Saltamonte



N-acetilglucosamina

La molécula de N-acetilglucosamina se forma a partir de la molécula de glucosa de la siguiente manera:



Glucosa Glucosamina N-acetilglucosamina

b. Heteropolisacáridos

Son polímeros de diferentes monosacáridos, así tenemos heteropolisacáridos simples y heteropolisacáridos derivados.

- **Heteropolisacáridos simples.** Formados por diferentes unidades de monosacáridos simples. Dentro de estos destaca la hemicelulosa, polímero de xilosa y arabinosa, es un importante constituyente de las paredes celulares de las plantas, y es el componente más abundante de la pared celular primaria.
- **Heteropolisacáridos derivados.** Formados por diversos tipos de monosacáridos derivados; por ejemplo, el sulfato de queratano, la heparina, el condroitín sulfato y el ácido hialurónico.
  - Sulfato de queratano. Está constituido de una unidad disacárida repetitiva de galactosa y acetilglucosamina. Es importante en la sustancia intercelular del tejido conectivo.
  - Heparina. Se compone de ácido glucurónico, ácido idurónico, N-acetilglucosamina y glucosamina. Es importante como anticoagulante sanguíneo.
  - Sulfato de condroitina. Es denominado también condroitín sulfato. Se encuentra compuesto de una unidad disacárida repetitiva de ácido glucurónico y acetilgalactosamina. Es importante en la sustancia intercelular del tejido cartilaginoso.
  - Ácido hialurónico. Es el principal componente de la sustancia basal del tejido conectivo, del humor vítreo, el líquido sinovial y el cordón umbilical; lo conforma una unidad disacárida repetitiva de ácido glucurónico y acetilglucosamina.

Nota

En la superficie externa de la membrana celular de los hematíes, encontramos aproximadamente un 5% de carbohidratos como glucolípidos y glucoproteínas, que constituyen el glucocálix. Sin embargo, las membranas celulares de los animales carecen de polisacáridos.

10 Lípidos

10.1. IMPORTANCIA BIOLÓGICA

10.1.1. Estructural

Los lípidos son moléculas orgánicas que constituyen el 40% de las membranas celulares. Los fosfolípidos se distribuyen y se mueven en el interior de las mismas, permitiendo propiedades como el transporte y la comunicación entre células.

10.1.2. Energetica

Son moléculas constantes en todos los seres vivos donde participan como fuente de energía, así un gramo de lípido otorga aproximadamente 9,3 kilocalorías. En los animales se almacenan en el tejido adiposo, donde constituyen una reserva energética; mientras que en las plantas se almacenan en las semillas en forma de aceites para ser utilizados durante la germinación (los triglicéridos son los principales lípidos de reserva animal y vegetal).

10.1.3. Termoaislante

Al almacenarse en el tejido celular subcutáneo, forman una barrera que impide la pérdida de calor producido en el tejido muscular. Por ejemplo, las ballenas, los osos polares y otros animales polares soportan las bajas temperaturas porque tienen gran cantidad de lípidos debajo de la dermis.

10.1.4. Electroaislante

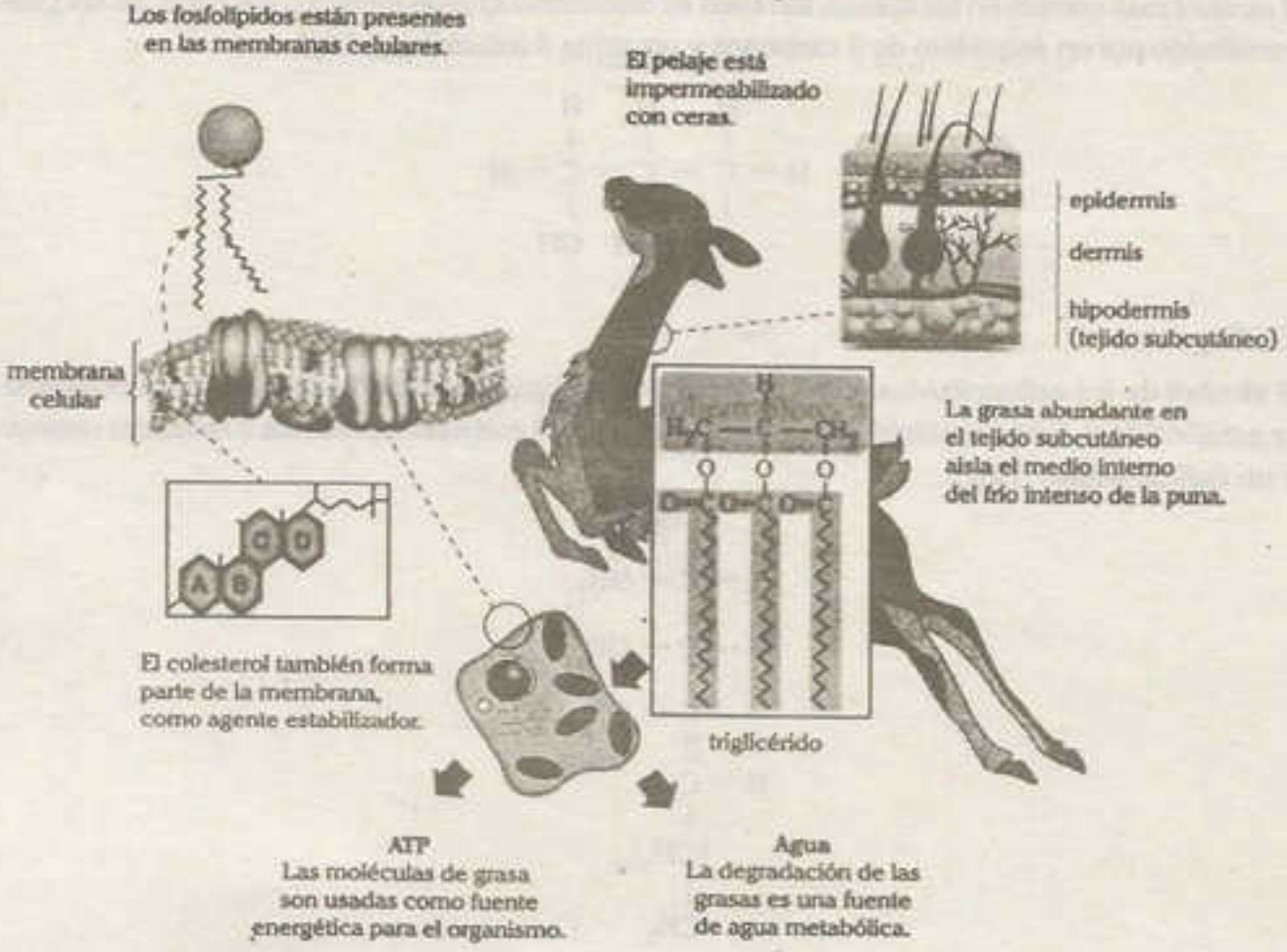
Los lípidos que existen alrededor de los axones de las neuronas favorecen la conducción rápida de los impulsos nerviosos, estos son los que forman la denominada vaina de mielina, lípido que envuelve los axones de las neuronas y permite que el impulso nervioso viaje a mayor velocidad.

10.1.5. Reguladora

Algunos lípidos actúan como hormonas. La testosterona de efecto masculinizante y los estrógenos de efecto feminizante son las más representativas.

Las vitaminas A, D, E y K son de estructura lipídica, y participan en procesos importantes como la fotorrecepción, absorción de calcio, antioxidante y coagulante, respectivamente.

IMPORTANCIA BIOLÓGICA DE LOS LÍPIDOS



10.2. DEFINICIÓN

Son biomoléculas orgánicas de consistencia sólida o aceitosa, poco solubles en agua, pero sí en solventes no polares como el cloroformo, el éter y el benceno. Generalmente son moléculas ternarias constituidas por carbono, hidrógeno y oxígeno (C, H y O); aunque algunos contienen nitrógeno y/o fósforo.

Los lípidos son un grupo muy diverso de moléculas que tienen dos características importantes, la primera es que contienen regiones extensas formadas casi exclusivamente por hidrógeno y carbono con enlaces no polares como carbono-carbono o carbono-hidrógeno, y la segunda es que esas regiones no polares hacen que los lípidos sean hidrofóbicos e insolubles en agua.

Los lípidos tienen poco oxígeno en relación al carbono e hidrógeno, su baja solubilidad en agua e hidrofobia (repelen el agua) ocurre por la escasez de oxígeno. Se sabe que el oxígeno es indispensable en la constitución de grupos funcionales hidrofílicos (afines al agua).

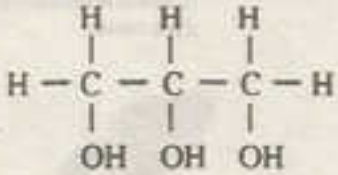
10.3. COMPONENTES DE LOS LÍPIDOS

10.3.1. Alcoholes

Son cadenas hidrocarbonadas que poseen como grupos funcionales a los oxihidrilos. Los alcoholes presentes en lípidos son el glicerol, la esfingosina, el dolicol y el miricilo.

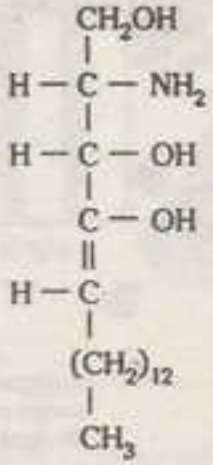
a. Glicerol

Es el alcohol más común en los lípidos, también es denominado propanotriol o glicerina. Se encuentra constituido por un esqueleto de 3 carbonos y presenta 3 oxhidrilos (–OH).



b. ESfingosina

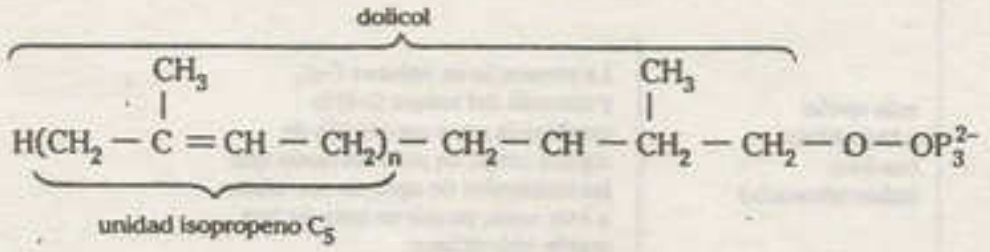
Es el alcohol de los esfingolípidos, conformados por esfingofosfolípidos y glucolípidos (cerebrósidos y gangliósidos). Está constituido por un esqueleto de 18 carbonos, presenta 2 radicales oxhidrilos y un radical amino (NH_2).



c. Dolicol

Es un polisoprenoide lineal de cadena larga que presenta un grupo alcohol terminal y de 15 a 20 unidades de isopreno. Cuando el dolicol se une a un grupo fosfato, constituye el fosfato de dolicol que actúa como un transportador intermediario de grupos oligosacáridos. Estos oligosacáridos son los que se usan como materia prima para la elaboración de glucoproteínas ligadas al aminoácido asparagina.

Se ha determinado la estructura de este compuesto en las levaduras y animales vertebrados.



d. Miricilo

Es el alcohol de la cera de abejas. Se trata de un alcohol monohidroxílico, solo tiene un oxhidrilo de elevado peso molecular, ya que tiene 30 átomos de carbono.

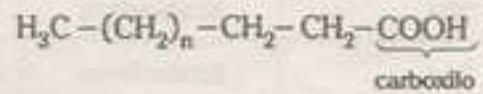
10.3.2. Ácidos grasos

Son moléculas orgánicas de tipo ácido carboxílico alifático, cadenas hidrocarbonadas largas que presentan en uno de sus extremos un grupo carboxilo (–COOH).

Los ácidos grasos se encuentran en el cuerpo, principalmente como ésteres en grasas y aceites naturales, pero existen en la forma no esterificada como ácidos grasos libres, una forma de transporte en el plasma. Los ácidos grasos que se hallan en grasas naturales, por lo general, contienen un número par de átomos de carbono porque se sintetizan a partir de unidades de 2 carbonos denominados acetilo.

En las plantas superiores (fanerógamas) y en los animales, los ácidos grasos predominantes son los que presentan de 16 a 18 carbonos. Son poco frecuentes los ácidos grasos con un número menor a los 14 carbonos y mayor a los 20 carbonos.

Los átomos de carbono se enumeran desde el carbono carboxilo (carbono número 1), los átomos de carbono adyacentes al carbono carboxilo (números 2; 3 y 4) también se conocen como los carbonos α, β y γ, respectivamente, y el carbono metilo terminal recibe el nombre de carbono ω o *n*.



A todo el público en general:

El Proyecto Modo Scan+100, nace de una idea del **Team Calapenshko**, el cual es difundir todo aquel texto inédito que no esté circulando en la red.

Nuestro Grupo Calapenshko hace el mejor esfuerzo para digitalizar este libro, y así usted estimado lector pueda obtener la mejor experiencia que toda persona desea al abrir un libro.

Este proyecto llega gracias a las **donaciones que se pudo obtener de 100 personas** comprometidas con el proyecto **MODO SCAN+100**.

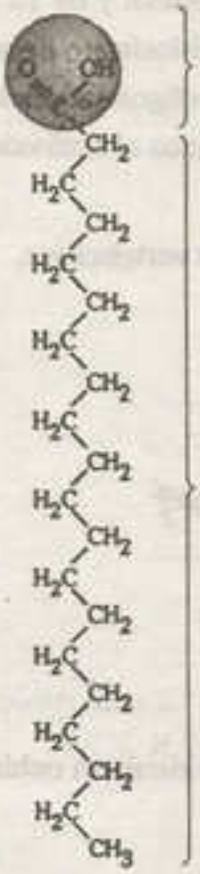
Este libro no debe ser prostituito monetariamente, este libro no debe ser coleccionado, este libro debe ser destruido analíticamente, así que te invito a leerlo.

No pagues por este libro de **circulación gratuita**, búscalo en la red.

Atentamente, el **GRUPO CALAPENSHKO**

18 de agosto del 2020

ÁCIDO GRASO



cabeza polar o hidrofílica (grupo carboxilo)

Le confiere el comportamiento ácido ($-COO^-$), de esta manera las moléculas de agua tienden a rodear esta zona por afinidad.

cola apolar o hidrofóbica (cadena hidrocarbonada)

La presencia de enlaces C–C, y además del enlace C–H le confiere la poca exposición de alguna carga. Es por esta razón que las moléculas de agua no son afines a esta zona, ya que se trata de una región hidrofóbica.

twitter.com/calapenshko

Los ácidos grasos pueden ser saturados o insaturados. Son saturados, si la cadena hidrocarbonada solo presenta enlaces simples (C–C); e insaturados, si la cadena hidrocarbonada, además de presentar enlaces simples, presenta al menos un enlace doble (C=C).

a. Ácidos grasos saturados

Constituyen lípidos sólidos (sebos, mantecas y mantequillas).

Símbolo	N.° de carbonos	Ácido graso	Fórmula
12:0	12 C	láurico	$CH_3(CH_2)_{10}COOH$
14:0	14 C	mirístico	$CH_3(CH_2)_{12}COOH$
16:0	16 C	palmítico	$CH_3(CH_2)_{14}COOH$
17:0	17 C	margárico	$CH_3(CH_2)_{15}COOH$
18:0	18 C	esteárico	$CH_3(CH_2)_{16}COOH$
20:0	20 C	araquídico	$CH_3(CH_2)_{18}COOH$
24:0	24 C	lignocérico	$CH_3(CH_2)_{22}COOH$

En el símbolo del ácido graso láurico, 12 es el número de carbonos y 0 significa que carece de enlaces dobles y triples. De la misma forma se interpretan los demás símbolos.

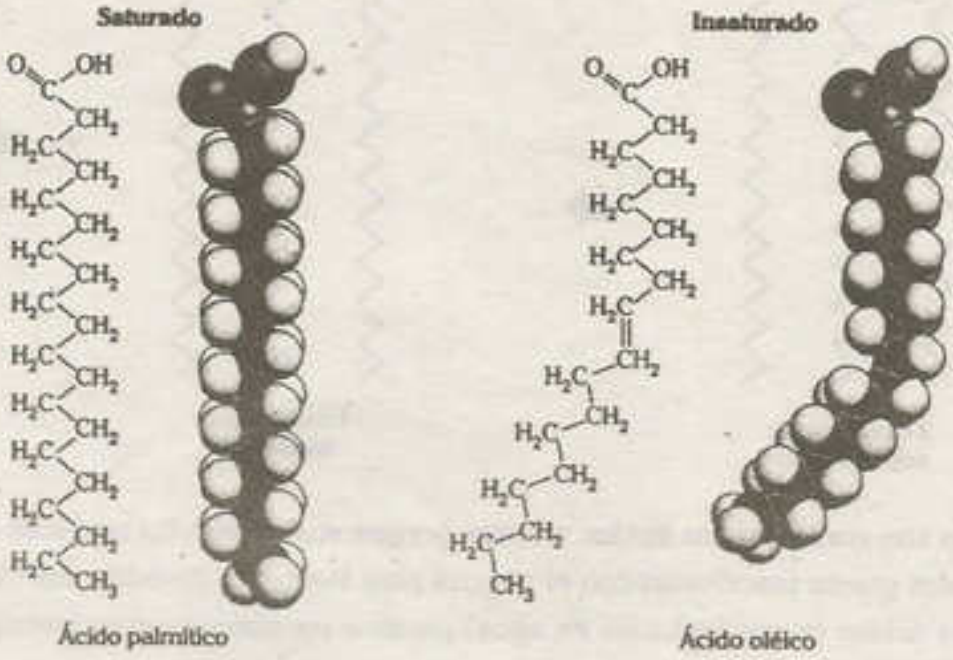
b. Ácidos grasos insaturados

Constituyen lípidos líquidos (aceites), además predominan más que los ácidos saturados en las plantas superiores (fanerógamas) y en los animales que viven a bajas temperaturas.

Símbolo	N.° de carbonos	Ácido graso	Fórmula
16:1 (9)	16 C	palmitoleico	$CH_3(CH_2)_5CH=CH(CH_2)_7COOH$
18:1 (9)	18 C	oleico	$CH_3(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_7COOH$
18:2 (9,12)	18 C	linoleico (omega 6)	$CH_3(CH_2)_4(CH=CH\,CH_2)_2(CH_2)_6COOH$
18:3 (9,12,15)	18 C	linolénico (omega 3)	$CH_3CH_2(CH=CH\,CH_2)_3(CH_2)_6COOH$
20:4 (5,8,11,14)	20 C	araquidónico	$CH_3(CH_2)_4(CH=CH\,CH_2)_4(CH_2)_2COOH$
24:1 (6,15)	24 C	nervónico	$CH_3(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_{13}COOH$

En el símbolo del ácido graso palmitoleico, 16 es el número de carbonos; 1 indica el número de enlaces y (9) la ubicación del enlace doble en la molécula a nivel del carbono 9. Es necesario indicar que se considera carbono 1 al que forma el grupo carboxilo (–COOH).

TIPOS DE ÁCIDO GRASO



Nota

Los ácidos grasos trans están presentes en ciertos alimentos, y surgen como un subproducto de la saturación de ácidos grasos durante la hidrogenación o "endurecimiento" de aceites naturales en la manufactura de la margarina. Ahora se sabe que el consumo de ácidos grasos trans es nocivo para la salud, y se relaciona con el aumento del riesgo de enfermedades, entre ellas la enfermedad cardiovascular y la diabetes *mellitus*.

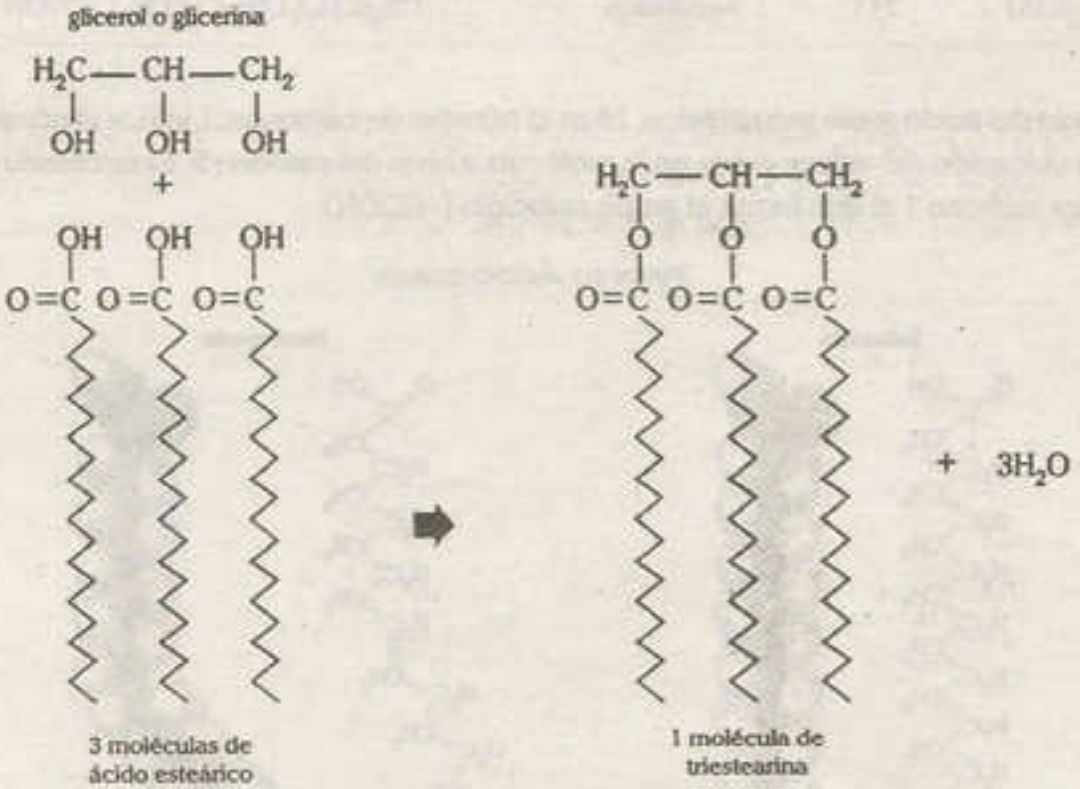
10.4. ENLACE ÉSTER

Enlace característico de los lípidos que une un ácido graso y un alcohol. También es denominado esteárico.

Se forma al reaccionar el grupo carboxilo del ácido graso y el oxhidrilo del alcohol; es en este proceso donde se libera una molécula de agua.

Los triglicéridos, sean sólidos o aceites, se forman por esterificación del alcohol glicerol con 3 ácidos grasos saturados o insaturados. Por ser una reacción de condensación, el proceso libera tres moléculas de agua.

PROCESO DE ESTERIFICACIÓN



Los triglicéridos son considerados lípidos neutros porque sus moléculas no están cargadas, pues cuando los ácidos grasos reaccionan con el glicerol para formar el glicérido, los carboxilos de los extremos de los ácidos grasos (solubles en agua) pasan a ser componentes interiores e inaccesibles del glicérido formado.

10.5. CLASIFICACIÓN DE LOS LÍPIDOS

Los lípidos han sido clasificados en saponificables y no saponificables. Dentro de los saponificables tenemos a los lípidos simples y a los lípidos complejos. Dentro de los no saponificables, a los esteroides, los isoprenoides, las prostaglandinas y las vitaminas liposolubles.

10.5.1. Lipidos saponificables

Son los que presentan ácidos al descomponerse, además, liberan ácidos grasos y alcoholes.

a. Lípidos simples

Biomoléculas constituidas por un alcohol y ácidos grasos, que están unidos entre sí mediante enlaces éster. Dentro de los lípidos simples tenemos a los glicéridos y a los céridos (ceras).

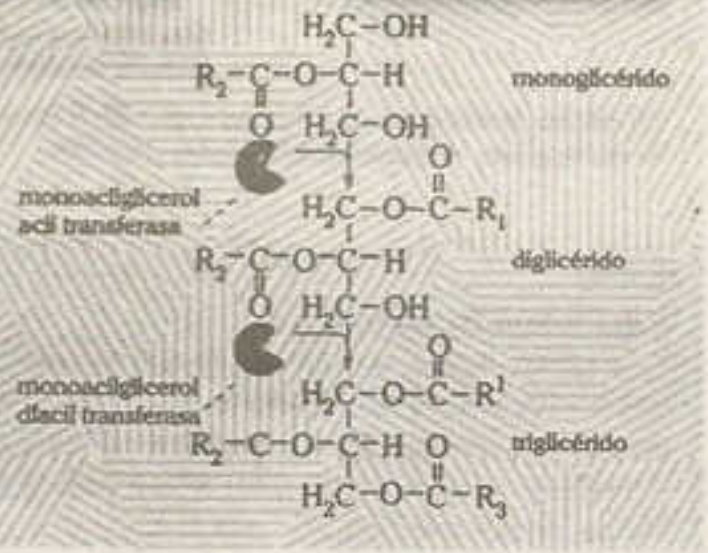
- **Glicéridos (acilglicéridos).** Son compuestos formados por un alcohol glicerol y de 1 a 3 ácidos grasos unidos mediante enlaces éster. Los glicéridos son moléculas no polares que al no disolverse en agua son denominadas grasas, estas pueden ser sólidas, semisólidas o líquidas. El sebo del ganado vacuno es un ejemplo de grasa sólida, la margarina es una grasa semisólida; mientras que los aceites vegetales (de olivo, algodón y maíz) son grasas líquidas.
  - **Las grasas sólidas.** Son glicéridos constituidos por glicerol y ácidos grasos saturados.
  - **Las grasas semisólidas.** Son glicéridos constituidos por glicerol y ácidos grasos que sometidos a un proceso de hidrogenación se han saturado, siendo inicialmente insaturados.
  - **Las grasas líquidas.** Son glicéridos constituidos por glicerol y ácidos grasos insaturados o también polinsaturados.

Nota

Síntesis de glicéridos

La síntesis de glicéridos en los vertebrados se realiza a nivel de la mucosa intestinal. Las reacciones se conocen como la vía monoacilglicerol.

Los monoglicéridos son convertidos a diglicéridos cuando se incorpora un ácido graso. Posteriormente, el diglicérido da origen a un triglicérido cuando se incorpora un ácido graso más. El proceso es catalizado por enzimas.



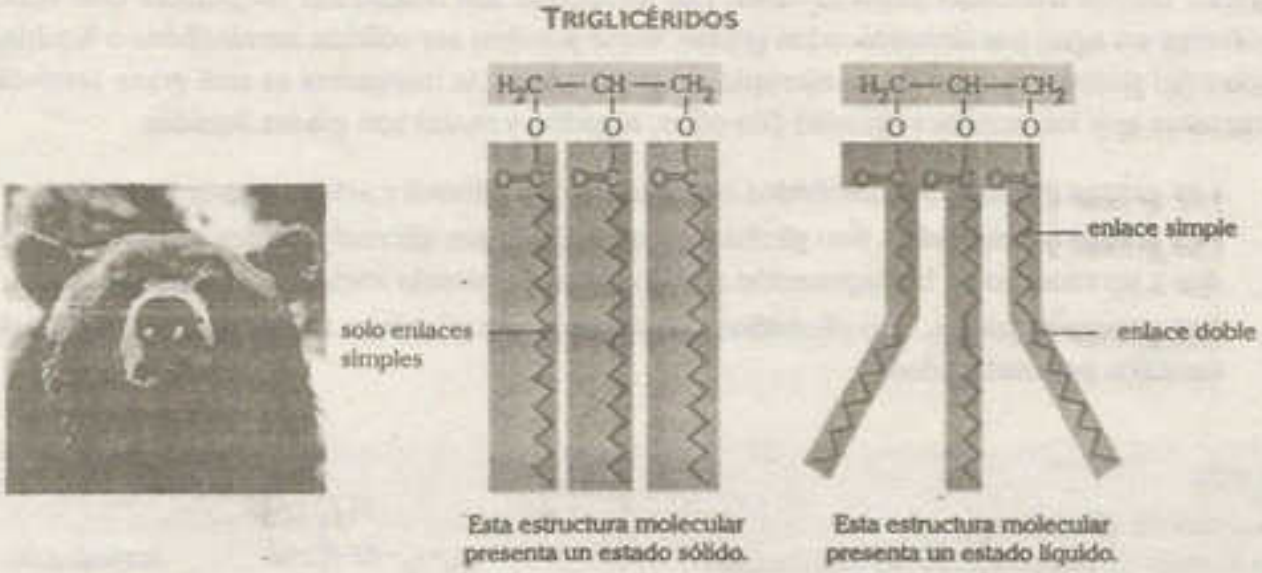
Existen tres tipos de glicéridos: los monoglicéridos, los diglicéridos y los triglicéridos.

- **Los monoglicéridos.** Son compuestos formados por una molécula de glicerol y un ácido graso unidos mediante un enlace éster. Se presentan en pequeñas cantidades durante la digestión de lípidos y la síntesis de triglicéridos.

- **Los diglicéridos.** Son compuestos formados por una molécula de glicerol unida mediante enlaces éster a dos ácidos grasos. Al igual que los monoglicéridos se presentan en pequeñas cantidades durante la digestión de lípidos y la síntesis de triglicéridos.
- **Los triglicéridos.** Son compuestos formados por una molécula de glicerol y tres ácidos grasos. Son moléculas sin polos eléctricos, por eso se les denomina lípidos no polares; su falta de polaridad los hace insolubles en el agua.

  La formación de triglicéridos es la principal forma de almacenamiento de ácidos grasos en plantas y animales. Además, los triglicéridos son compuestos eficientes de almacenamiento energético. También son denominados grasas neutras o triacilgliceroles.

  Dentro de los triglicéridos se puede mencionar a la triestearina, almacenada en la grasa de ganado vacuno; la tripalmitina, presente en la leche de vaca, y la trioleína, presente en las aceitunas y plantas de olivo.



Un robusto oso pardo europeo listo para hibernar. Si almacenara la misma cantidad de energía en carbohidratos en vez de grasas, probablemente no podría ni caminar.

» Nota

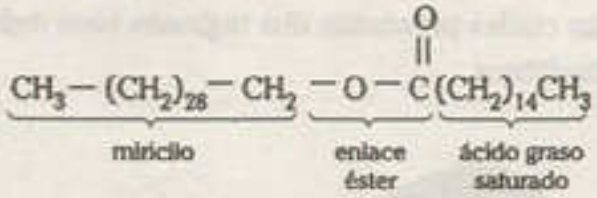
Degradación de triglicéridos

En el tejido adiposo, los triglicéridos son hidrolizados por acción de enzimas lipasas. Los ácidos grasos y el glicerol pasan al plasma sanguíneo. A través del plasma, los ácidos grasos llegan a los músculos, testículos y riñones para luego ser oxidados y servir como fuente de energía. El glicerol es utilizado siempre y cuando los tejidos posean glicerocinasa, esta enzima es abundante en el hígado, riñón e intestino.

- **Céridos.** Son lípidos simples constituidos por un alcohol de elevado peso molecular monohidroxílico (que presenta un solo hidroxilo) y un ácido graso saturado. Los céridos son llamados comúnmente ceras, y se caracterizan por ser insolubles en agua, moldeables cuando son calentadas y duras en frío.

Dentro de los céridos destacan el palmitato de miricilo, la lanolina, la cutina y la suberina.

- **El palmitato de miricilo.** Es la cera de los panales de abeja, conformada por ácido palmítico y alcohol miricilo.



En general, las abejas y avispas construyen sus panales secretando ceras constituidas por alcoholes de 30 carbonos y ácidos grasos saturados.

- **La lanolina.** Es la cera de la lana que resulta de la mezcla de ácidos grasos unidos mediante enlaces éster con lanosterol y ergosterol.
- **La cutina.** Es una cera vegetal secretada por el tejido epidérmico. La cutina forma una cubierta sobre la hoja, el tallo y los frutos, es conocida como cutícula.

  Es una sustancia transparente que deja pasar la luz y que disminuye la pérdida de agua del medio interno. Los cactus, así como la gran mayoría de xerófitas (plantas del desierto), soportan la acción de los rayos solares sin desecarse gracias a la cutina.

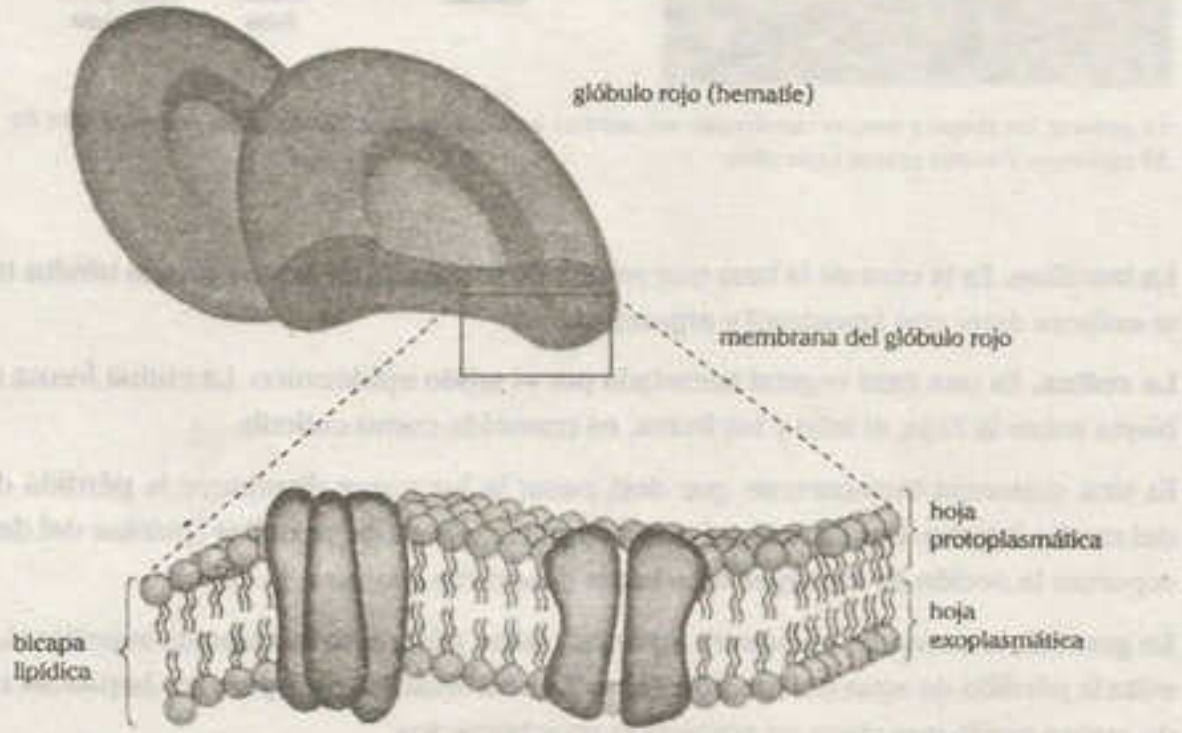
  En general, la cutina se encuentra en hojas, tallos y frutos de las plantas superiores, donde evita la pérdida de agua del medio interno. Las briofitas, los musgos y las hepáticas carecen de cutina por lo que viven en ambientes muy húmedos.

- **La suberina.** Es una cera vegetal secretada por el aparato de Golgi de las células vivas del tejido suberoso (corcho, felema) de la corteza de tallos leñosos. La suberina constituye la pared celular de las células vegetales del tejido suberoso, que también es denominado corcho. Químicamente, la suberina es una cera compleja constituida por alcoholes fenoles y ácidos grasos.

b. Lípidos complejos

Son biomoléculas constituidas por un alcohol, ácidos grasos y otros grupos químicos. Los lípidos complejos se clasifican en fosfolípidos y glucolípidos. Los fosfolípidos son los que presentan ácido fosfórico como grupo adicional, mientras que los glucolípidos presentan azúcares como sustancia adicional.

Los lípidos complejos son moléculas anfipáticas (del griego *amphi*, 'en ambos lados' y *pátheia*, 'sentir'), las cuales presentan dos regiones bien definidas, una cabeza polar hidrofílica y una cola apolar hidrofóbica.



Los lípidos complejos se distribuyen en la bicapa de la membrana; en el eritrocito, la fosfatidilcolina y esfingomielina están presentes en la hoja exoplasmática, y la fosfatidilserina, en la hoja protoplasmática.

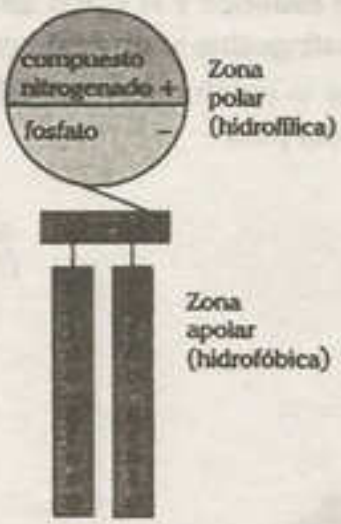
- **Fosfolípidos.** Lípidos constituidos por ácidos grasos, un alcohol, ácido fosfórico y otras moléculas (generalmente nitrogenadas).

  Son moléculas anfipáticas, la cabeza hidrofílica está constituida por ácido fosfórico y una molécula nitrogenada, mientras que la cola hidrofóbica por dos ácidos grasos y un alcohol que puede ser el glicerol o la esfingosina.

  Resultan importantes como componentes de las membranas celulares; además pueden ser clasificados en glicerofosfolípidos y esfingofosfolípidos.

  - **Los glicerofosfolípidos.** Son los fosfolípidos que tienen como alcohol al glicerol. Dentro de este grupo se encuentran las lecitinas, la cardiolipinas, las cefalinas, los plasmalógenos, la fosfatidilserina y los lisofosfolípidos, muchos de los cuales componen las membranas celulares.

COMPOSICIÓN ESTRUCTURAL DE LOS FOSFOLÍPIDOS



Los fosfolípidos presentan una región apolar que contiene dos ácidos grasos (uno saturado y otro insaturado).

Las lecitinas (fosfatidilcolinas). Son los fosfolípidos más abundantes de las membranas biológicas. La cabeza está constituida por ácido fosfórico y el grupo nitrogenado colina; mientras que la cola, por dos ácidos grasos y glicerol.

Las lecitinas son químicamente fosfatidilcolinas, conforman la reserva de colina que se utiliza como neurotrasmisor.

Las cardiolipinas. Son los fosfolípidos más importantes de la membrana interna mitocondrial. Están formadas por dos moléculas de ácido fosfatídico (ácido fosfórico, glicerol y dos ácidos grasos) unidas por una molécula de glicerol.

Se le denomina cardiolipina porque fue descubierta en el músculo cardiaco, donde las mitocondrias son muy abundantes.

Las cefalinas (fosfatidiletanolaminas). Son fosfolípidos abundantes en las membranas biológicas animales y vegetales. La cabeza está constituida por ácido fosfórico y el grupo nitrogenado etanolamina; mientras que la cola, por dos ácidos grasos y glicerol.

Los plasmalógenos. Son moléculas que constituyen hasta el 10% de los fosfolípidos del encéfalo y los músculos. La cabeza está compuesta por ácido fosfórico y grupo nitrogenado etanolamina. La cola por glicerol y dos ácidos grasos.

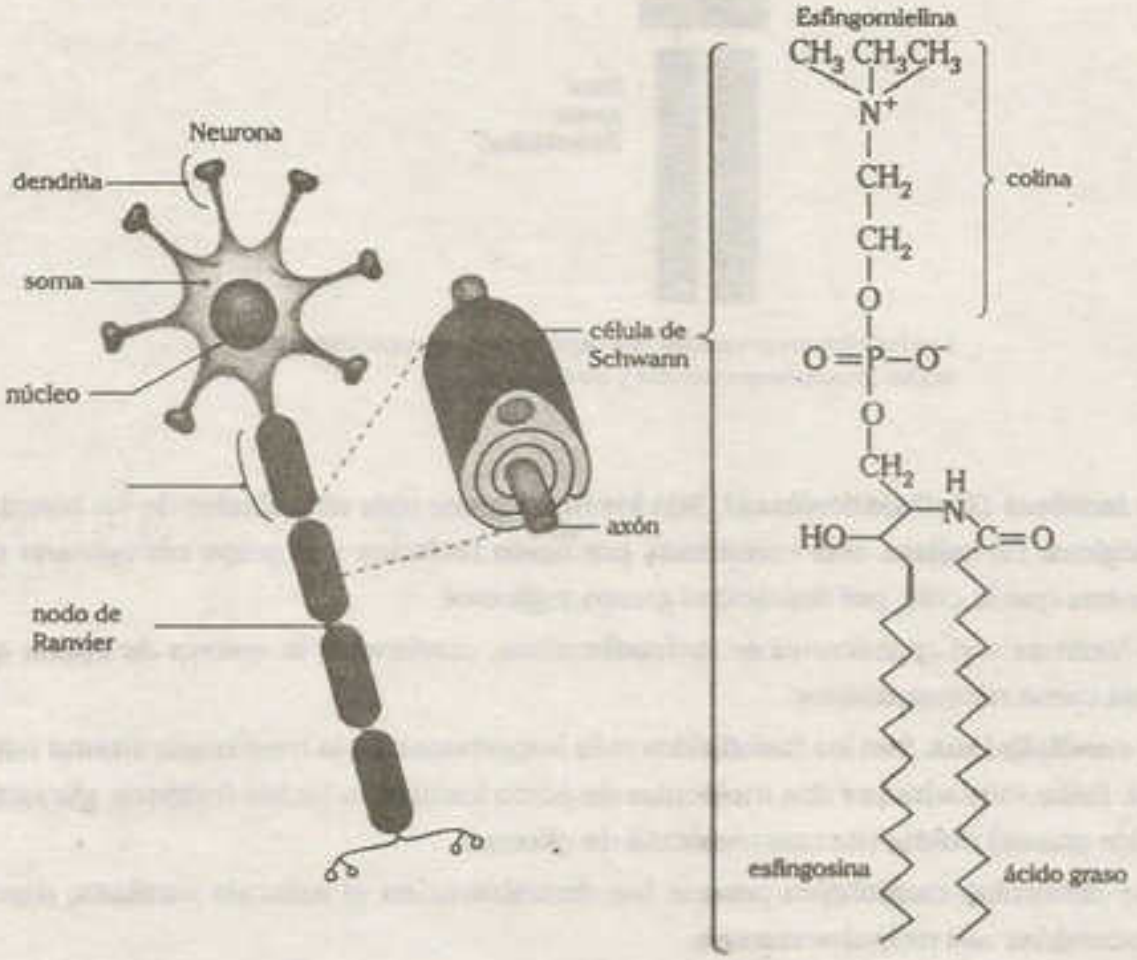
La fosfatidilserina. Es el fosfolípido en cuya cabeza presenta el aminoácido serina unido al ácido fosfórico. En la cola, el glicerol está unido a dos ácidos grasos.

Los lisofosfolípidos. Son aquellos que contienen una cola formada solo por un ácido graso y glicerol; mientras que la cabeza presenta colina, etanolamina y ácido fosfórico. Su función radica en que son intermediarios en el metabolismo de los fosfolípidos.

- **Los esfingofosfolípidos.** Son los fosfolípidos que tienen como alcohol a la esfingosina, dentro de este grupo se encuentran las esfingomielinas y las ceramidas.

Las esfingomielinas. Se ubican en grandes cantidades en el encéfalo y el tejido nervioso. Presentan una cabeza con ácido fosfórico y el grupo aminado colina; mientras que en la cola se ubican el aminoalcohol esfingosina y un ácido graso.

Las ceramidas. Son producto de la unión entre un ácido graso y una esfingomielina. Se pueden encontrar en las células del pelo.



La esfingomielina es un esfingofosfolípido abundante en la membrana celular, sobre todo en la vaina de mielina formado por la célula de Schwann que rodea al axón de las neuronas.

- **Glucolípidos.** Lípidos constituidos por un ácido graso, un alcohol aminado llamado esfingosina y un carbohidrato que puede ser monosacárido, disacárido o un monosacárido derivado. Los glucolípidos son abundantes en la membrana de las células animales y protozoos, donde forman el glucocálix. Son abundantes en el tejido nervioso. Dentro de los glucolípidos tenemos a los cerebrósidos, los gangliósidos y los sulfátidos.
  - **Los cerebrósidos.** Son glucoesfingolípidos abundantes del cerebro. En la cabeza polar presentan galactosa o glucosa; mientras que en la cola, esfingosina y un ácido graso denominado cerebrónico.

    Dentro de los cerebrósidos, son importantes el galactocerebrósido y el glucocerebrósido. El galactocerebrósido (galactosilceramida) es el glucolípido más abundante del cerebro, se encuentra en cantidades muy bajas en el resto del cuerpo. Es el que posee galactosa.

El glucocerebrósido (glucosilceramida) está en pequeñas cantidades en el cerebro, pero abunda en otros órganos. Llega a presentar glucosa.

- **Los gangliósidos.** Son glucoesfingolípidos que se forman a partir de la glucosilceramida. Participan como receptores de partículas virales a nivel de las membranas celulares y en el transporte de iones a través de las membranas celulares.
- Se caracterizan por presentar ácido siálico (de unas cinco moléculas); así tenemos a los monosialogangliósidos, los disialogangliósidos, los trisialogangliósidos, los tetrasialogangliósidos y los pentasialogangliósidos.
- **Los sulfátidos.** Son los glucolípidos que presentan ácido sulfúrico enlazado al monosacárido galactosa. Constituyen las membranas biológicas.

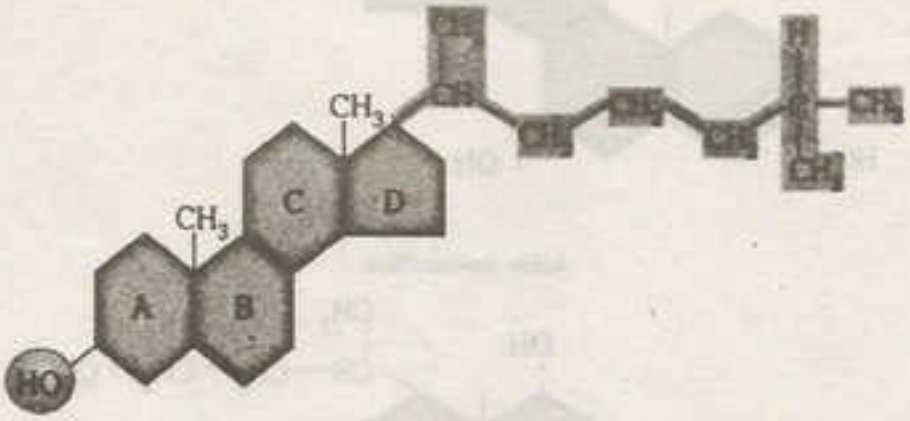
10.5.2. Lípidos no saponificables

Son los que al descomponerse no liberan ácidos grasos ni alcoholes, también se les denomina lípidos derivados. Para algunos autores, son aquellos lípidos que no se pueden clasificar definidamente como simples ni como compuestos; para otros son los precursores y derivados de los lípidos.

a. Esteroides

Son los lípidos derivados de la estructura del ciclopentanoperhidrofenantreno, el cual es un hidrocarburo saturado tetracíclico, es decir, de cuatro anillos.

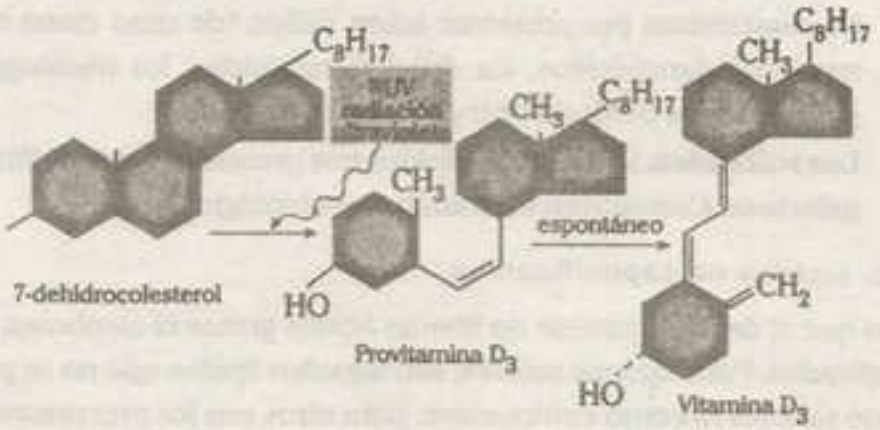
Uno de los más resaltantes es el colesterol. Es un esteroide que presenta un radical (–OH) y una cadena alifática; resulta ser el principal esteroide porque participa como precursor de todos los demás esteroides: hormonas sexuales, ácidos biliares y vitamina D. Además, es componente de las membranas celulares de animales. Su estructura anillada no es muy flexible.



Se le denomina colesterol porque presenta como grupo funcional el radical hidroxilo, característico de los alcoholes. Es sintetizado en el hígado a partir de ácidos grasos naturales; asimismo, la carne, el queso y las yemas de huevos contienen altas concentraciones de colesterol.

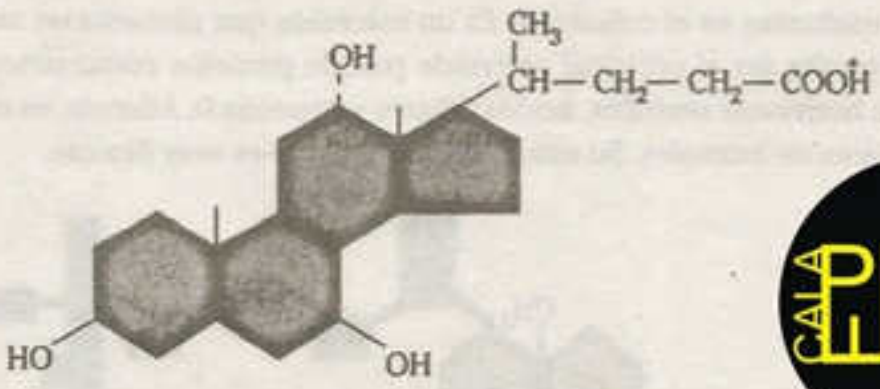
Algunos individuos pueden acumular placas ateromatosas de colesterol en las paredes de sus arterias, así se ocasiona la enfermedad conocida como aterosclerosis. En esta, el colesterol generalmente reduce el flujo sanguíneo y ocasiona rigidez arterial; de esta manera, puede obstruir totalmente los vasos coronarios y cerebrales. En estos casos, inmediatamente se pueden formar coágulos a nivel de las arterias coronarias que irrigan el corazón, y ocasionar la muerte.

Dentro de las moléculas que derivan del colesterol encontramos a las hormonas sexuales: estrona, estradiol, progesterona, androsterona y testosterona; otras hormonas como la ecdisona, cortisona, la aldosterona, la corticosterona y el cortisol; los ácidos biliares como el ácido desoxicólico y ácido litocólico, y vitaminas como la vitamina D.

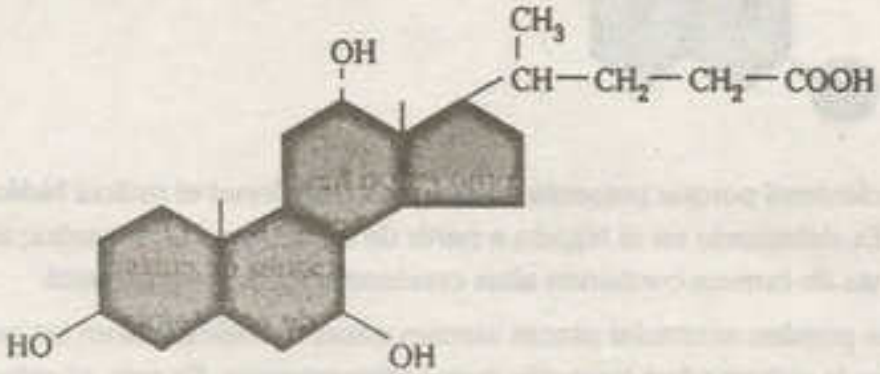


La vitamina D actúa a nivel del intestino delgado, estimulando la absorción de calcio que va a formar parte de los huesos. Se trata de un importante factor de crecimiento.

Ácido cólico



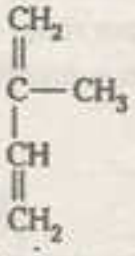
Ácido desoxicólico



Los ácidos biliares (cólico y desoxicólico) participan en la emulsificación de las grasas. Se producen en el parenquima hepático y se almacenan en la vesícula biliar.

b. Isoprenoides

Son lípidos derivados formados por la polimerización del isopreno, que es una molécula hidrocarbonada de 5 carbonos.

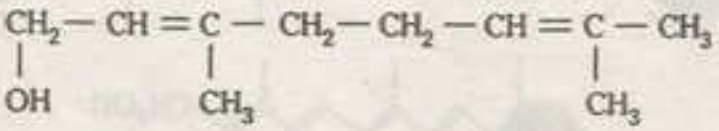


Isopreno

twitter.com/calapenshko

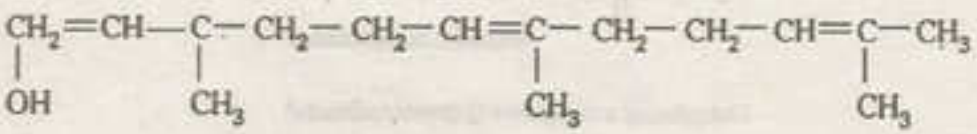
Los isoprenoides se clasifican de la siguiente manera:

- **Los monoterpenos.** Están formados por dos isoprenos (un terpeno). Se encuentran en las esencias vegetales dándoles olor y sabor. Son conocidos el mentilo de la menta, el pineno de la trementina, el alcanfor del alcanforero, la carnova de la alcaravea, el limoneno del limón y el geraniol del geranio.



Geraniol

- **Los sesquiterpenos.** Están constituidos por tres isoprenos. Destaca el farnesol, el cual interviene en la síntesis del escualeno que a su vez dará origen al colesterol.

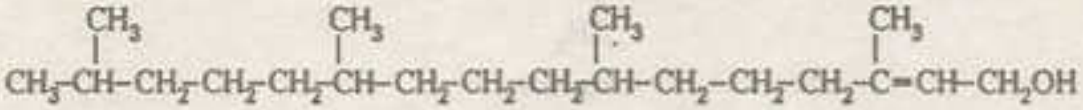


Farnesol

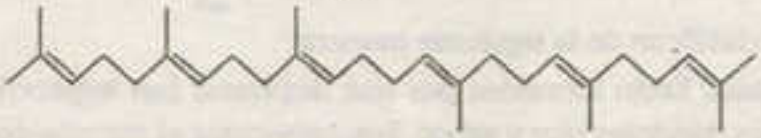
- **Los diterpenos.** Formados por cuatro isoprenos (dos terpenos). Destaca el fitol, alcohol que constituye la cola hidrofóbica de la clorofila; también es el precursor en la síntesis de vitamina A.
- **Los triterpenos.** Constituidos por 6 isoprenos (tres terpenos). Son conocidos el escualeno y el lanosterol, este último participa como molécula precursora del colesterol.
- **Los tetraterpenos.** Están representados por los carotenoides que son pigmentos amarillos, rojos y anaranjados presentes en las plantas. Se clasifican como lípidos por su insolubilidad en agua y por su consistencia aceitosa; además están constituidos por cinco unidades de isopreno, que son largas moléculas isoprenoides con dobles enlaces y anillos ciclohexanos no saturados en sus extremos.

Los carotenoides participan en la fotosíntesis como pigmentos accesorios o antena, captan entre 400 y 500 nm de longitudes de onda de energía solar debido a sus dobles enlaces alternados. Dentro de las carotenoides destacan el caroteno ($C_{40}H_{56}$) de color anaranjado, la xantófila ($C_4H_{56}O_2$) de color amarillo y el licopeno de color rojo.

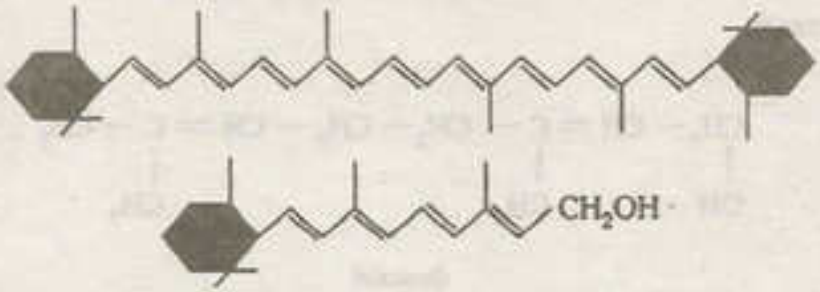
- **Los politerpenos.** Constituidos por más de 8 isoprenos (muchos terpenos). El más conocido es el caucho, que se encuentra formado por miles de moléculas de isopreno. Esta sustancia es sintetizada por la planta *Hevea brazilensis* y resulta de amplio uso en la industria de calzado y automovilística.



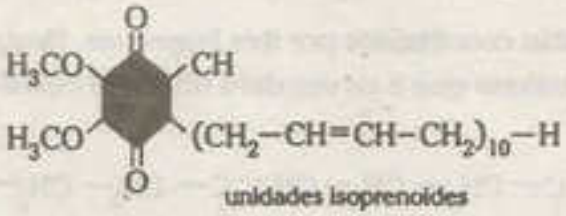
Fitol



Escualeno (forma abreviada)



Vitamina A_1 (retinol)



unidades isoprenoides

Ubiquinona o coenzima Q (forma oxidada)

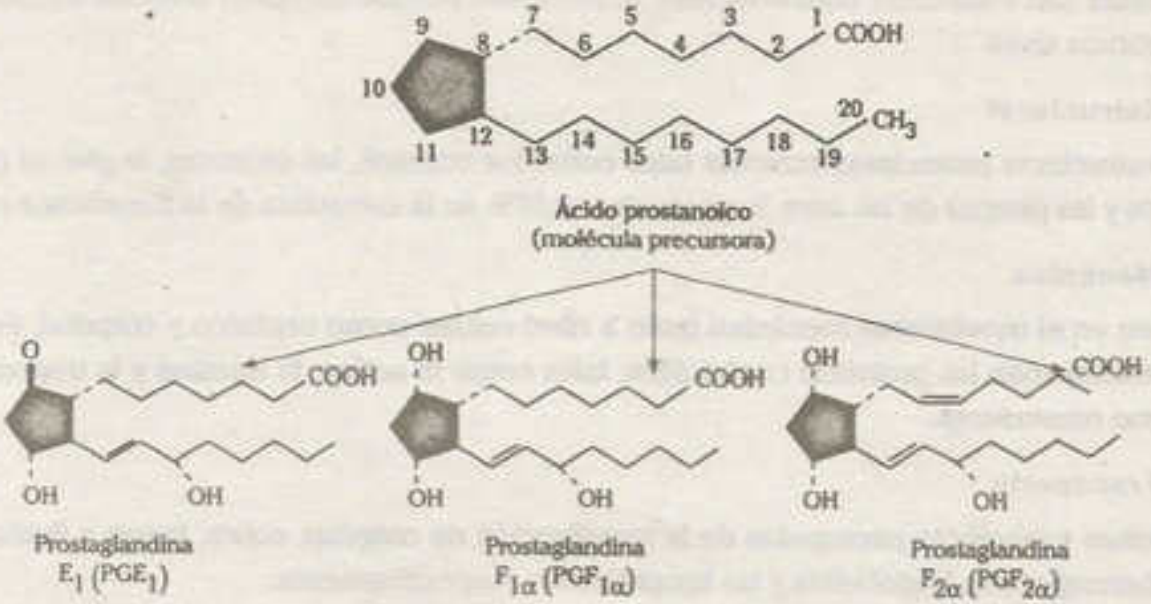
c. Prostaglandinas (PG)

Son lípidos derivados del ácido prostanoico y del araquidónico. El ácido prostanoico es un ácido graso de 20 carbonos que posee un núcleo esteroide incluido en su estructura. En los mamíferos, las prostaglandinas se encuentran en el pulmón, la mucosa gastrointestinal, el bazo, la glándula tiroides, el riñón, el líquido amniótico y las secreciones del endometrio.

Fueron denominadas así por el sueco Van Euler, quien demostró que los extractos de semen inducían la contracción de músculos lisos. Él también sugirió que estas moléculas se forman en la próstata; sin embargo, en 1959, Eliasson demostró que provienen principalmente de la vesícula seminal.

Las prostaglandinas (PG) poseen una gran variedad de actividades fisiológicas, estas se deben a pequeñas variaciones en su estructura molecular. Dentro de ellos se pueden mencionar a los siguientes:

- **La PGA.** Inhibe la secreción de ácido clorhídrico estomacal, por eso se dice que su efecto es espasmógeno.
- **La PGE.** No solo se manifiesta el efecto espasmógeno, también disminuye la respuesta inmune durante condiciones patológicas. Es un potente broncodilatador que dilata los vasodilatadores y bronquios, así como los capilares sanguíneos.
- **La PGF.** Es responsable de la luteólisis, además que puede provocar la regresión de los cuerpos amarillos del ovario e inducir tanto al parto como el aborto. Por ser potentes broncoconstrictores, motivan la constricción de bronquios y vasoconstrictores, al igual que la de los capilares sanguíneos. En la medicina se usan como anticonceptivo para facilitar el parto o provocar abortos, y para la cicatrización de úlceras gástricas.



d. Vitaminas liposolubles

Dentro de los lípidos derivados también se pueden mencionar a las vitaminas A, D, E, y K.

- **La vitamina A.** Denominada también como retinol derivada de β-caroteno, es indispensable para la síntesis el pigmentos visuales en los animales, además es necesaria para la visión, el crecimiento, la reproducción, la proliferación celular, la diferenciación celular e integridad del sistema inmunitario. La actividad biológica se le atribuye al retinol; los ésteres de retinol se absorben de 80 a 90% mientras que los beta-carotenos tan solo de 40 a 50%. Los factores de la dieta que afectan la absorción de carotenos incluyen la concentración y origen de la grasa de la dieta, la cantidad de carotenoides y la digestibilidad de los alimentos. La vitamina A se procesa primero en el intestino y luego en el hígado, siendo este último el principal órgano de almacenamiento.

- **La vitamina D.** Se le denomina colecalciferol. Debido a la escasez de alimentos ricos en vitamina D se fortifican los alimentos con esta vitamina, en especial la leche que representa el medio más eficaz para prevenir el desarrollo de carencias. Así se ha reducido el raquitismo en los niños y la osteomalacia en adultos.
- **La vitamina E.** Se le nombra tocoferol y es indispensable en las membranas biológicas porque evita la peroxidación de ácidos grasos insaturados. La vitamina E se transporta mediante lipoproteínas plasmáticas de manera no específica. En el cuerpo, la mayor parte de esta vitamina se localiza en el tejido adiposo.
- **La vitamina K.** Denominado como menadiona, es indispensable como factor estimulante de la síntesis de algunos factores de coagulación sanguínea.

11 PROTEÍNAS

11.1. IMPORTANCIA

Las proteínas son moléculas orgánicas muy importantes porque cumplen diversas funciones en los organismos vivos.

11.1.1. Estructural

Forman estructuras protectoras externas tales como los cuernos, las escamas, la piel, el pelo de mamíferos y las plumas de las aves. Representan el 52% de la estructura de la membrana celular.

11.1.2. Mecánica

Intervienen en el movimiento mecánico tanto a nivel celular como orgánico y corporal, esta función la desempeñan las proteínas contráctiles, tales como la actina, la miosina y la tropomiosina de las fibras musculares.

11.1.3. Transporte

Hay proteínas específicas encargadas de la movilización de oxígeno, cobre, hierro y lípidos tales como la hemoglobina, la globulina y las lipoproteínas, respectivamente.

11.1.4. Catalítica

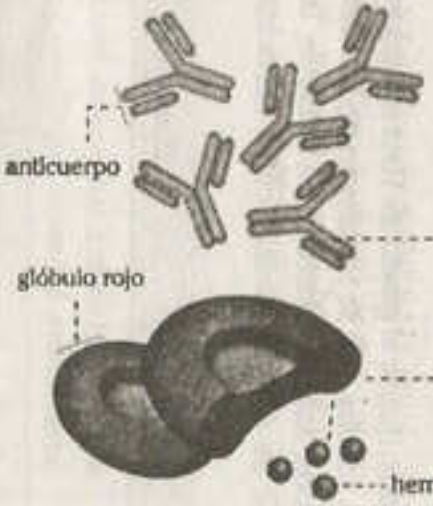
Las enzimas son proteínas esenciales para el metabolismo pues actúan como catalizadores, es decir, aceleran las reacciones químicas que surgen en los seres vivos, así favorecen la obtención de energía y la regeneración celular a un ritmo impresionante. Sin las enzimas, las reacciones biológicas serían extremadamente lentas y no sería posible la vida.

> **Nota**
>
> Las proteínas son, después del agua, las biomoléculas más abundantes en los seres vivos (excepto en las plantas y algas). Son determinantes de los caracteres, pues de la función, localización o propiedades de la proteína se manifiestan las características morfológicas, estructurales y fisiológicas de todo organismo vivo.

IMPORTANCIA BIOLÓGICA DE LAS PROTEÍNAS

La epidermis y las modificaciones de ella, como el pelaje y las pezuñas, presentan en su composición grandes cantidades de la proteína estructural llamada queratina. Sin embargo, en la dermis se encuentra la proteína más abundante: el colágeno.

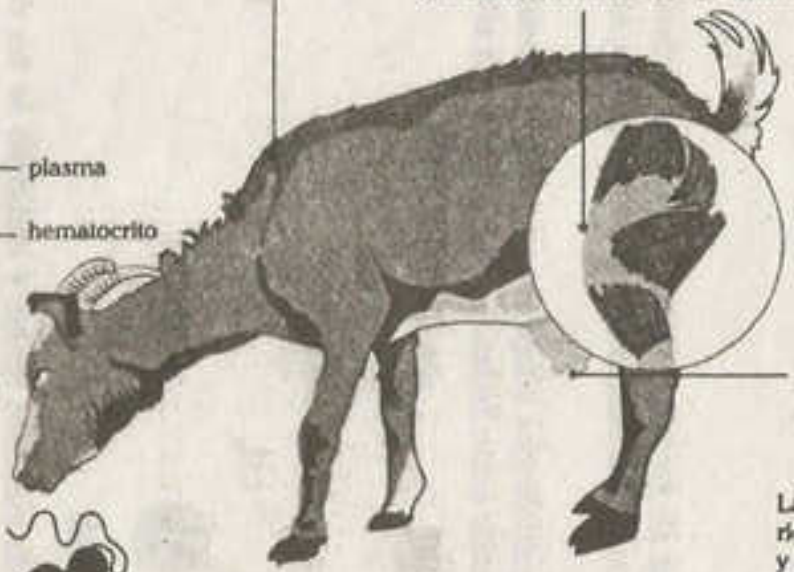
En el suero de la sangre existen proteínas con función defensiva como los anticuerpos, además de proteínas como las albúminas que regulan la volemia.



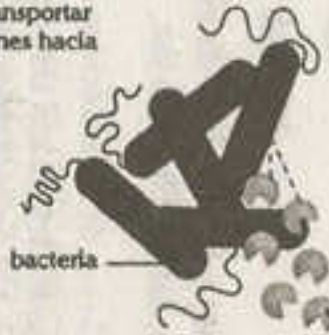
En los glóbulos rojos de la sangre abunda la proteína hemoglobina, cuya función principal es transportar el oxígeno desde los pulmones hacia los tejidos y retirar el CO_2.

En los músculos abundan las proteínas actina y miosina, responsables de la contracción para el movimiento del organismo.

La carne por ser rica en proteínas es una buena fuente en la dieta diaria.



La leche y el queso de cabra son ricas en proteínas, como la albúmina y caseína. Por lo tanto representan una fuente de aminoácidos para una adecuada nutrición.



Los animales herbívoros aprovechan la celulosa de su alimento debido a las enzimas celulasas liberadas por las bacterias simbióticas presentes en su panza, las cuales catalizan la reacción de hidrólisis de la celulosa favoreciendo su absorción.

11.2. DEFINICIÓN

Son biomoléculas orgánicas cuaternarias que se encuentran formadas principalmente por cuatro elementos químicos: carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno (C, H, O, N); sin embargo, muchas contienen adicionalmente azufre (S). Algunas proteínas pueden presentar metales o asociarse con otras moléculas orgánicas e inorgánicas. Todas las proteínas son macromoléculas, es decir, poseen alto peso molecular.

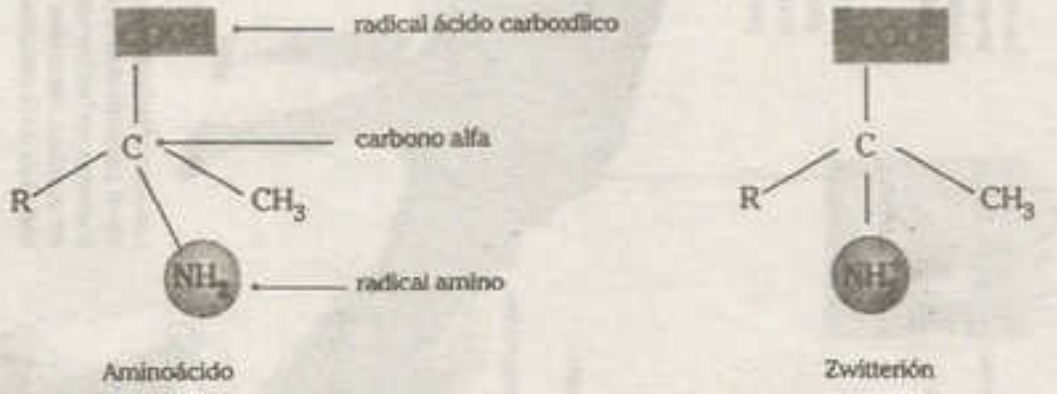
11.3. ESTRUCTURA DE LAS PROTEÍNAS

Las proteínas están formadas principalmente por aminoácidos que se encuentran unidos mediante enlaces peptídicos, por ello, son considerados polipéptidos. El número mínimo de aminoácidos en una proteína es 50.

11.3.1. Aminoácidos

Son moléculas orgánicas pequeñas constituidas por una cadena hidrocarbonada que en uno de sus extremos presenta un radical básico nitrogenado o amino; en el otro, un grupo ácido carboxilo y un grupo R (radical).

En los seres vivos, los aminoácidos adoptan carga eléctrica, esto depende del *p*H del medio en el cual se encuentran. Cuando están ionizados se les denomina zwitteriones.



Debido a la presencia de radicales amino y carboxilo se les considera moléculas anfóteras, es decir, ácido y base a la vez.

a. Clases de aminoácidos

Los aminoácidos han sido clasificados, desde el punto de vista nutricional, en esenciales y no esenciales. Los aminoácidos esenciales son los que se requieren en nuestra nutrición, ya que nuestras células son incapaces de sintetizarlos. Son abundantes en la carne, la leche y la clara de huevo. Una dieta 100% vegetariana carece de algunos aminoácidos esenciales y conlleva a cuadros de anemia.

Aminoácidos	Ejemplos
aminoácidos esenciales para la nutrición	arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano, valina
aminoácidos no esenciales para la nutrición	alanina, asparagina, ácido aspártico, glutamina, ácido glutámico, cisteína, glicina, prolina, serina, tirosina

b. Composición química de los grupos R de los aminoácidos

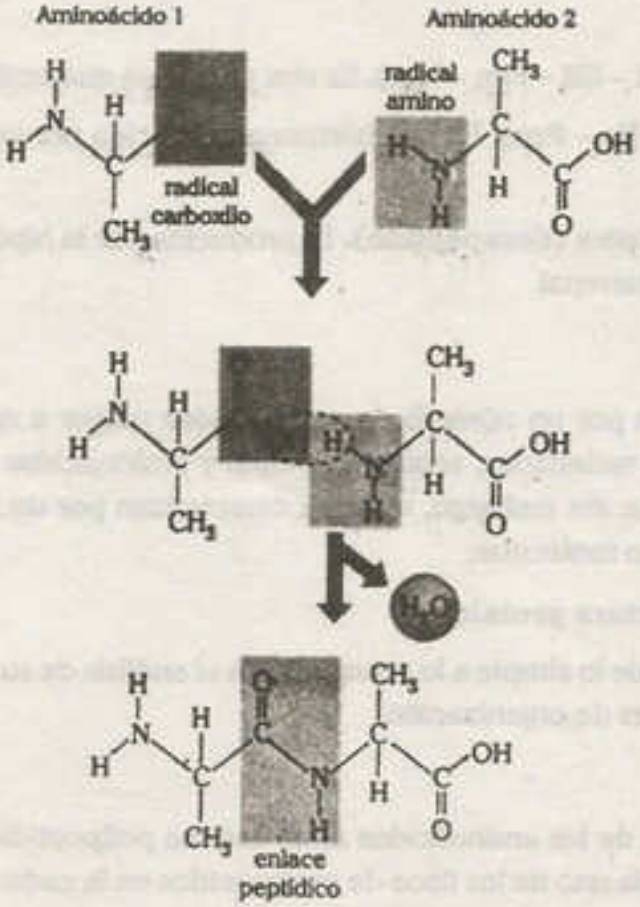
Existen siete categorías de aminoácidos que se basan en la composición química del grupo R.

- **Alifáticos.** Si R tiene un radical alifático (COO^-).
- **Hidroxilados.** Si R tiene un radical oxhidrilo (–OH).
- **Azufrados.** Si R posee azufre (S).
- **Aromáticos.** Si R es un hidrocarburo aromático.
- **Ácidos.** Si en R hay un grupo (–COOH) adicional.
- **Básicos.** Si en R hay un grupo amino ($–NH_2$) adicional.
- **Imínicos.** Si en R hay una estructura amínica cíclica NH.

c. Enlace peptídico

El enlace que une a los aminoácidos de forma covalente es el enlace peptídico, es muy estable hasta ser el único que se mantiene cuando las proteínas se desnaturalizan.

La formación del enlace ocurre por reacción entre dos aminoácidos a través de sus radicales químicos, el radical amino ($–NH_2$) de un aminoácido reacciona con el radical carboxilo (–COOH) del otro aminoácido, de esa manera ocasiona la unión entre carbono y nitrógeno. En el proceso se libera una molécula de agua. La formación del enlace peptídico puede ser catalizada por la enzima peptidil transferasa.



El enlace peptídico es muy importante para la formación de peptidas, como es el caso de las proteínas que son polipéptidos.

11.3.2. Péptidos

Son moléculas de dos o más aminoácidos. Según el tamaño y número de aminoácidos que los constituyen, los péptidos se clasifican en tres grupos: dipéptidos, oligopéptidos y polipéptidos.

a. Dipéptidos

Constituidos por dos aminoácidos. Por ejemplo, la anserina está compuesta por alanina y metilhistidina; la carnosina, por alanina e histidina. Ambos dipéptidos controlan el *p*H intracelular muscular y están estrechamente relacionados; aunque, la primera no existe en los músculos del hombre, pero sí en el músculo esquelético de las extremidades de los conejos y el músculo pectoral de las aves.

b. Oligopéptidos

Poseen de 3 a 10 aminoácidos. Así tenemos: tripéptidos (3 aminoácidos), tetrapéptidos (4 aminoácidos), pentapéptidos (5 aminoácidos), etc. Algunos oligopéptidos se encuentran cumpliendo funciones importantes.

- **El glutatión (Glu – Cis – Gli).** Interviene en el trasporte de aminoácidos a través de la membrana celular en bacterias, plantas y animales.
- **La bradicina (Arg – Pro – Gli – Fen – Ser – Pro – Fen – Arg).** Posee actividad sobre vasos sanguíneos.
- **La encefalina (Tir – Gli – Gli – Fen – Met).** Es una endorfina que actúa como neurotrasmisor.
- **La tirotropina (Glu – His – Pro).** Es una hormona producida por la hipófisis que controla la función de la tiroides.
- **La hormona corticotrópica (decapéptido).** Es producida por la hipófisis que controla la actividad de la corteza suprarrenal.

c. Polipéptidos

Se encuentran constituidos por un número de aminoácidos mayor a once. Dentro de este grupo se manifiestan muchas variedades, según el tamaño y aminoácidos presentes. Las proteínas pertenecen a esta categoría; sin embargo, estas se caracterizan por un número muy elevado de aminoácidos y elevado peso molecular.

11.3.3. Niveles de estructura proteica

Las proteínas se organizan de lo simple a lo complejo. En el análisis de su estructura se han encontrado de tres a cuatro niveles de organización.

a. Estructura primaria

Está dada por la secuencia de los aminoácidos en la cadena polipeptídica, es decir, el orden y la ubicación específica de cada uno de los tipos de aminoácidos en la cadena. La estructura primaria se forma junto con el enlace peptídico que mantiene unidos covalentemente a los aminoácidos, la estructura primaria de una proteína es determinada genéticamente. Si el gen está alterado, la estructura primaria también será anómala; por lo tanto, la proteína no cumplirá su función.

b. Estructura secundaria

Es la disposición especial que adoptan los segmentos o la totalidad de una cadena polipeptídica proteica, consecuencia de la interacción de los aminoácidos y la acción de un grupo especial de proteínas denominadas chaperones, los cuales, durante la formación de la cadena, van dirigiendo la forma que debe adoptar un segmento respecto del resto de la cadena. Se han diferenciado 3 tipos de estructura secundaria: hélice, hoja plegada y ramdon coli. El enlace característico de la estructura secundaria es el puente de hidrógeno.

- **Hélice (α).** Los aminoácidos que constituyen la cadena disponen alrededor de un eje imaginario en forma de una hélice, donde las cadenas hidrocarbonadas están dirigidas hacia el exterior, mientras que los enlaces peptídicos se localizan en el centro hueco de la hélice.
- **Hoja plegada (β).** Los segmentos contiguos o cercanos de una cadena polipeptídica se disponen formando pliegues ligeramente extendidos. En un segmento β pueden combinarse de 2 a 5 cadenas adyacentes cuya secuencia primaria puede ir en el mismo sentido (β paralela) o sentido opuesto (β antiparalela). La estructura β se estabiliza por puentes de hidrógeno entre aminoácidos lejanos de las cadenas.
- **Al azar (γ).** Los segmentos de la cadena se disponen sin adoptar una forma definida; sin embargo, estos segmentos también son estables.

c. Estructura terciaria

Es la forma que adopta en el espacio una proteína completa. Resulta específica para cada proteína dependiendo de la secuencia primaria y la estructura secundaria. Puede ser globular o fibrosa.

Las proteínas globulares presentan una estructura terciaria, donde están presentes los dos o tres tipos de estructura secundaria, y las proteínas fibrosas presentan la estructura terciaria al igual que la estructura secundaria, de ahí que algunos bioquímicos la consideran solo secundaria. La estructura terciaria determina la función de algunas proteínas.

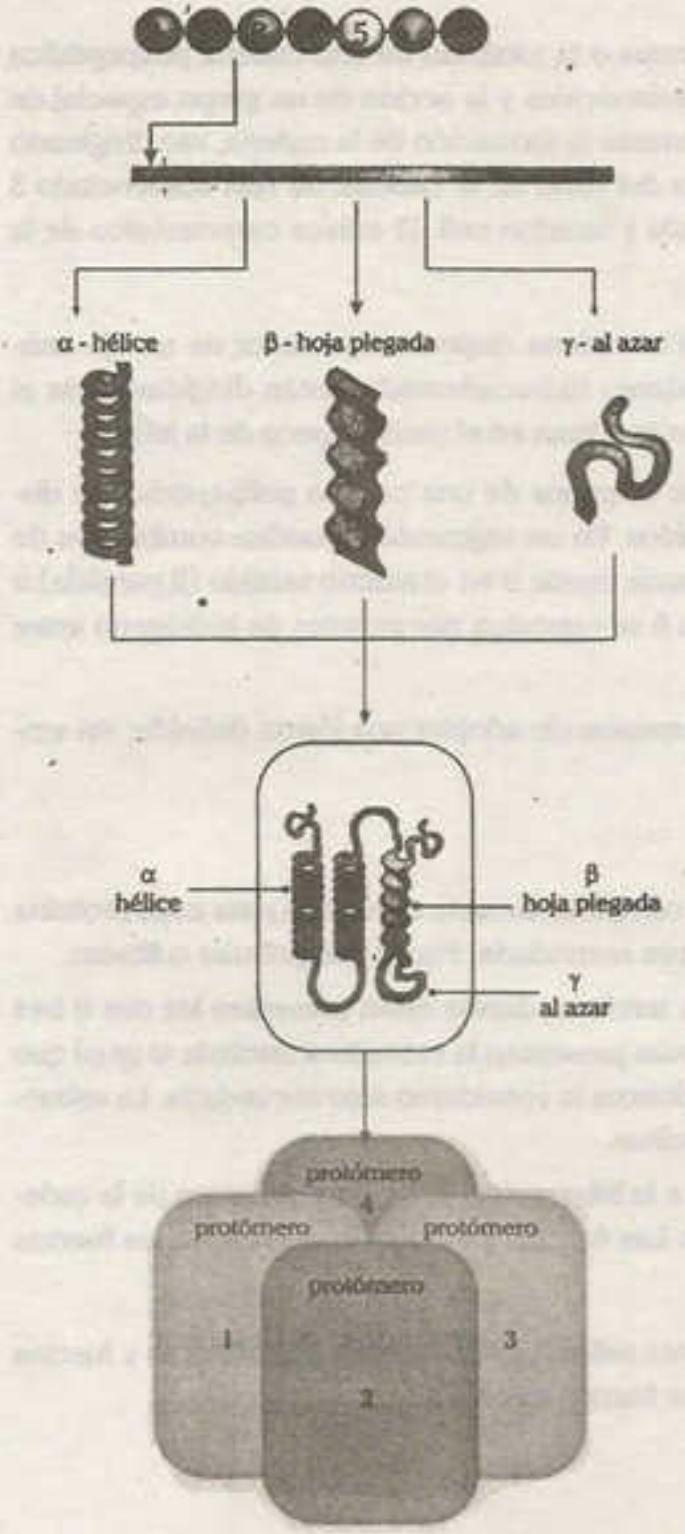
La estructura terciaria se mantiene estable debido a la interacción entre los segmentos de la cadena polipeptídica y entre aminoácidos individuales. Las fuerzas y enlaces comprenden las fuerzas débiles y fuertes.

- **Fuerzas débiles.** Puentes de hidrógeno, puentes salinos, interacciones hidrofóbicas y fuerzas de Van der Waals, en estas últimas destacan las fuerzas ion dipolo.
- **Fuerzas fuertes.** Puentes disulfuro.

d. Estructura cuaternaria

Se encuentra definida para las proteínas formadas por dos o más polipéptidos. Las proteínas con estructura cuaternaria son denominadas oligoméricas y cada uno de sus componentes de estructura terciaria, protómeros. Los protómeros de las proteínas oligoméricas están unidas mediante puentes de hidrógeno. Las proteínas pueden ser globulares o fibrosas.

La estructura cuaternaria es la estructura más compleja que puede adoptar una proteína, como es el caso de la hemoglobina que tiene 4 protómeros unidos a grupos Hem que contienen hierro.



Estructura primaria
Secuencia de aminoácidos en la cadena polipeptídica. Es determinada genéricamente.

Estructura secundaria
Formas de plegamiento de la cadena polipeptídica.

Estructura terciaria
Conformación final de toda la cadena polipeptídica.

Estructura cuaternaria
Número y disposición de los protómeros en la formación de una molécula de proteína.

11.4. CLASIFICACIÓN DE LAS PROTEÍNAS

Existen varios patrones para clasificar las proteínas, basados en la estructura, composición y función.

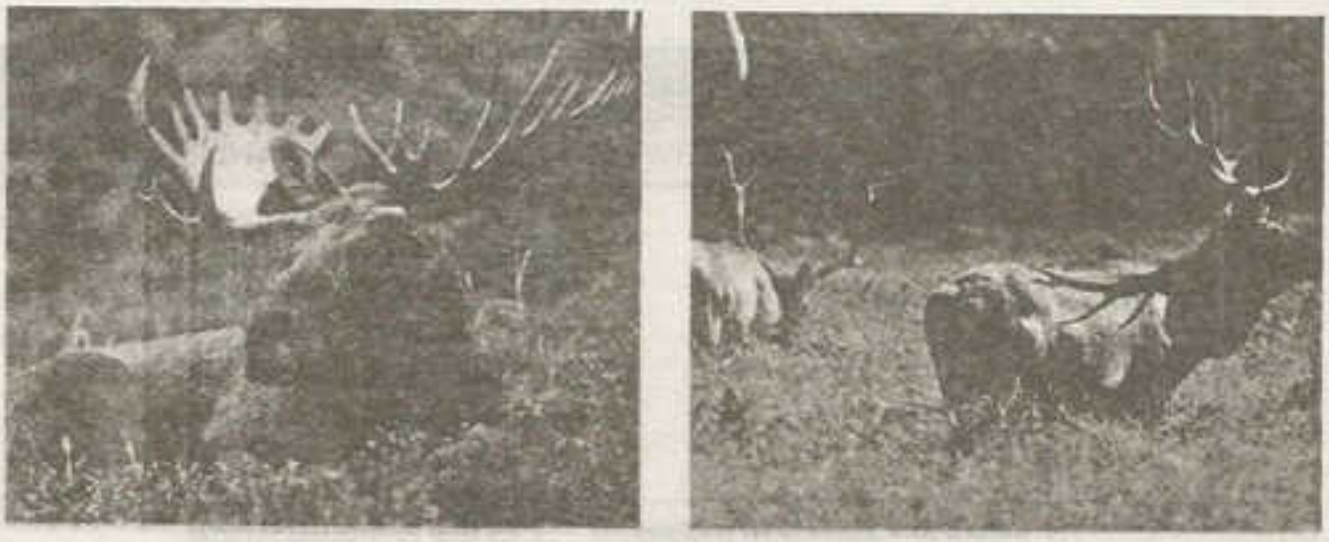
11.4.1. Según su estructura

Las proteínas pueden ser fibrosas o globulares.

a. Fibrosas

Solo cuentan con un tipo de estructura secundaria. Constituyen estructuras resistentes, elásticas y flexibles. Pueden ser los siguientes:

- El colágeno que constituye la sustancia intercelular.
- La queratina que constituye pelos, uñas, pezuñas y cuernos.
- La elastina que constituye las paredes de los vasos sanguíneos.
- La fibroína que constituye la seda y telas de araña.
- La fibrina que constituye los coágulos sanguíneos.



Los cuernos de los mamíferos rumiantes están compuestos de queratina.

b. Globulares

Manifiestan dos o más tipos de estructuras secundarias. Pueden ser los siguientes:

- Las enzimas, biocatalizadores que aceleran las reacciones biológicas.
- Los anticuerpos, proteínas de defensa contra cuerpos extraños llamados antígenos.
- Los interferones, proteínas de defensa antiviral, evitan la multiplicación de los virus.
- Las histonas, componentes de la cromatina (cromosomas).
- Las tubulinas, constituyentes de los cilios, flagelos y centríolos.
- Las albúminas, proteínas de reserva (ovoalbúminas) o de transporte (seroalbúminas).
- Las hemoglobinas, proteínas que transportan genes, O_2, CO y CO_2 en los glóbulos rojos de los vertebrados.

11.4.2. Según su composición

Las proteínas pueden ser simples o conjugadas.

a. Simples

Están constituidas únicamente por aminoácidos. Las tubulinas, albúminas y queratinas son ejemplos de estas.

b. Conjugadas

Están constituidas por aminoácidos y un grupo prostético que se caracteriza por no ser aminoácido.

De acuerdo con su grupo prostético pueden ser las siguientes:

- **Hemoproteínas (grupo Hem): hemoglobina, citocromos, mioglobina y miosina.**
- **Glucoproteínas (glúcidos): mucina, interferón, anticuerpos.**
- **Fosfoproteínas (fosfato): caseína, vitelina.**
- **Metaloproteínas (metal): hemocianina.**

11.4.3. Según su función biológica

CLASIFICACIÓN DE LAS PROTEÍNAS POR SU FUNCIÓN BIOLÓGICA

Tipos	Ejemplos	Localización o función
proteínas protectoras en la sangre de los vertebrados	anticuerpos	Forman de complejos con algunos sistemas antígeno-anticuerpo.
	complemento	Forman complejos con proteínas extrañas.
	fibrinógeno	Es precursor de la fibrina en la coagulación sanguínea.
	trombina	Es componente del mecanismo de coagulación.
toxinas	toxina de *Clostridium botulinum*	Es una toxina bacteriana.
	toxina diftérica	Es el origen del envenenamiento bacteriano de los alimentos.
	ricina	Es una proteína tóxica de la semilla de ricino.
	gosipina	Es una proteína tóxica de la semilla del algodón.
hormonas	insulina	Regula el metabolismo de la glucosa.
	hormona adrenocorticotrópica	Regula de la síntesis de corticosteroides.
	hormona del crecimiento	Estimula el crecimiento de los huesos.
proteínas estructurales	proteínas de recubrimiento viral	Es la cubierta alrededor del cromosoma.
	α–queratina	Constituye piel, plumas, uñas, pezuñas.
	fibroínas	Presente en seda de los capullos, telarañas.
	colágeno	Constituye tejido conectivo fibroso (tendones, huesos, cartílagos).
	elastina	Constituye tejido conectivo elástico (ligamentos).
	mucoproteínas	Presentes en secreciones mucosas, fluidos salivares.

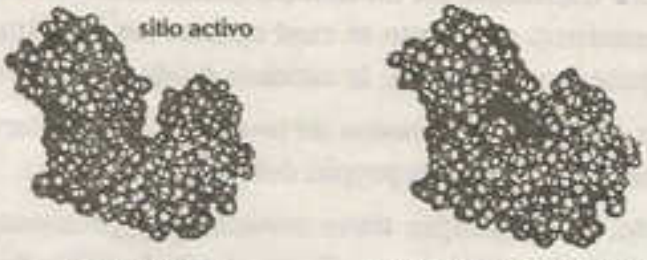
Tipos	Ejemplos	Localización o función
enzimas	hexoquinasa	Fosforila.
	lactato-deshidrogenasa	Deshidrogenasa lactato.
	citocromo C	Transfiere electrones.
	ADN-polimerasa	Replica y Repara el ADN.
proteínas de reserva	ovoalbúmina	Es proteína de la clara de huevo.
	caseína	Es proteína de la leche.
	ferritina	Es reserva de hierro en el bazo.
	gliadina	Es proteína de la semilla de trigo.
	ceína	Es proteína de la semilla de maíz.
proteínas transportadas	hemoglobina	Transporta O_2 en la sangre de los vertebrados.
	hemocianina	Transporta O_2 en la hemolinfa de algunos invertebrados.
	mioglobina	Transporta O_2 en el músculo.
	β1-lipoproteína	Transporta lípidos en la sangre.
	globulina ligada al hierro	Transporta hierro en la sangre.
	ceruloplasmina	Transporta cobre en la sangre.
proteínas contráctiles	miosina	Son filamentos estacionarios en las miofibrillas.
	actina	Son filamentos móviles en las miofibrillas.
	dineína	Se encuentra en cilios y flagelos.

11.5. ENZIMAS

Las células disponen de moléculas especializadas denominadas enzimas, cuya función es acelerar las reacciones bioquímicas en magnitudes que permitan la vida. Sobre los orígenes de las primeras formas de vida, es muy importante considerar el inicio de la actividad catalítica de algunas moléculas, principalmente, de naturaleza proteica, ya que estas al interactuar con otras moléculas lograron favorecer un cambio o transformación. Este proceso permitió el inicio de un conjunto de reacciones químicas que cada vez se hicieron más complejas, y al integrarse dentro de un espacio limitado por membranas dieron origen al metabolismo.

11.5.1. Definición

Son proteínas globulares que actúan como biocatalizadores, es decir, aceleran las reacciones químicas en los seres vivos sin modificarse. Al acelerarse las reacciones, disminuyen la energía de activación y tiempo de reacción.

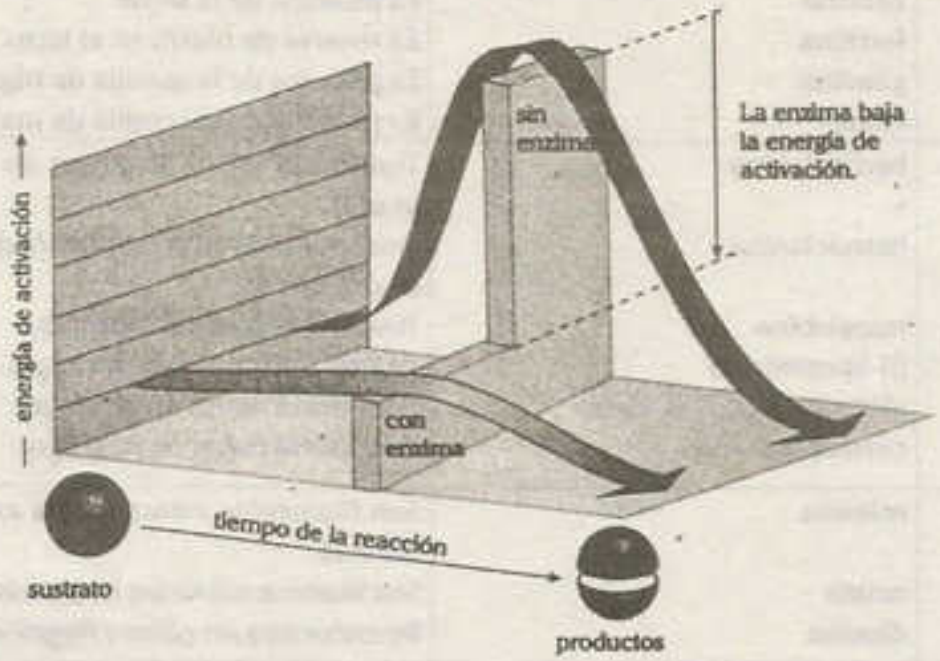


Enzima libre Enzima unida a un sustrato

Se denomina sustrato a toda molécula sobre la que actúa una enzima. A la energía necesaria para transformar un sustrato en producto se le denomina energía de activación y el tiempo que se invierte en este cambio es el tiempo de reacción.

ACTIVIDAD ENZIMÁTICA

(dibujo de teoría de catálisis)



11.5.2. Catálisis

Es la aceleración de un cambio químico con un mínimo consumo de energía. Los catalizadores físicos y químicos cumplen este propósito, los últimos son considerados más importantes. Un catalizador interviene en una reacción como reactante y después de su acción forma parte de los productos, es decir, no se consume en la reacción. La función catalítica se verifica en dos aspectos.

a. Disminución de la energía de activación

La energía de activación es la cantidad de energía necesaria para que los reactantes inicien la formación de productos, los catalizadores disminuyen considerablemente esta energía que resulta un ahorro energético.

b. Disminución de tiempo de reacción

Una reacción con catalizador transcurre en un tiempo considerablemente menor al de una reacción sin catalizador. El mecanismo mediante el cual operan los catalizadores se explica por dos fenómenos propios de los procesos químicos: la catálisis ácida y la catálisis básica.

En la primera, el catalizador actúa como donador de protones. Un reactante al aceptar los protones adquiere el nivel energéticamente inestable propio del estado activado.

Mientras que en la segunda, el catalizador tiene afinidad por protones. Un reactante al perder protones adquiere el nivel energético correspondiente al estado activado.

11.5.3. Naturaleza y propiedades de las enzimas

Las enzimas son moléculas de naturaleza proteica e inclusive muchas son complejos oligoméricos. Entre sus propiedades más importantes encontramos los siguientes:

a. Biocatalizadores

Actúan como catalizadores dentro de los organismos vivos. El catalizador es una molécula capaz de disminuir la energía de activación.

b. Especifidad

Prácticamente existe un tipo de enzima específica para cada cambio químico, así también para cada sustrato.

c. Capacidad catalítica

Las cantidades infinitesimales son suficientes para la transformación de una sustancia reactante en producto.

d. Sensibilidad

Debido a su naturaleza proteica, las enzimas están sujetas a la desnaturalización y pérdida de su actividad catalítica.

11.5.4. Estructura enzimática

Las moléculas enzimáticas son proteínas globulares que presentan dos regiones estructurales especializadas: el sitio catalítico y el sitio regulador.

a. Sitio catalítico

Zona de la enzima que se une al sustrato y acelera su transformación, se divide en dos tipos.

- **Zona de fijación.** Está constituida por una serie de aminoácidos que permiten la adhesión del sustrato.
- **Zona de catálisis.** Secuencia específica de aminoácidos catalíticos que interaccionan con el sustrato para que este pase al estado activado.

ESTRUCTURA DEL SITIO ACTIVO DE LA ENZIMA CARBOXIPEPTIDASA

La tirosina (Tir 248) y el ion zinc (Zn^{+2}) son esenciales para la actividad catalítica, que en este caso es la ruptura del enlace peptídico. La arginina ($Arg^{+}145$) participa en la fijación del sustrato. En el fondo del sitio activo hay otros aminoácidos que participan en la fijación.

b. Sitio regulador

Porción molecular sujeta a modificaciones, cuyas consecuencias son el aumento o la disminución de la capacidad de la enzima para unirse al sustrato.

11.5.5. Mecanismo de acción

En las reacciones catalizadas por las enzimas se distinguen las siguientes etapas: reconocimiento, acoplamiento, acción catalítica y formación de productos.

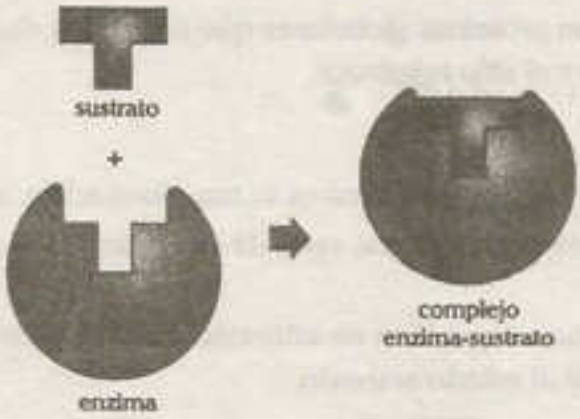
a. Reconocimiento

La enzima y el sustrato al colisionar entre sí ponen en contacto algunos segmentos moleculares. Si existe correspondencia, sobreviene el acoplamiento.

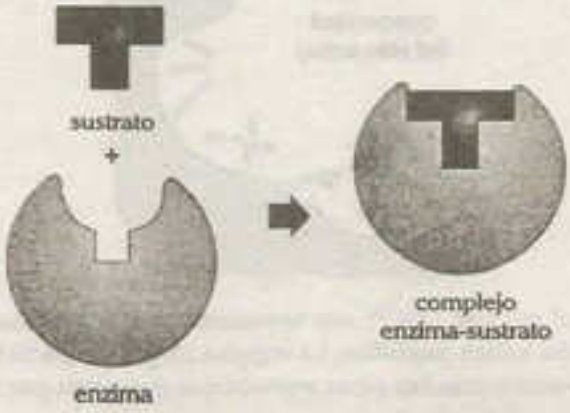
b. Acoplamiento

Es la unión de la enzima con el sustrato. Se forma el complejo enzima–sustrato (ES), denominado también complejo de Michaelis. Existen dos maneras de explicar este fenómeno.

- **Hipótesis de Fischer o llave cerradura.** La enzima y el sustrato se unen sin modificarse. Esta explicación es satisfactoria en el caso de moléculas de estructura algo rígida; sin embargo, no explica cabalmente el acoplamiento de moléculas más complejas.

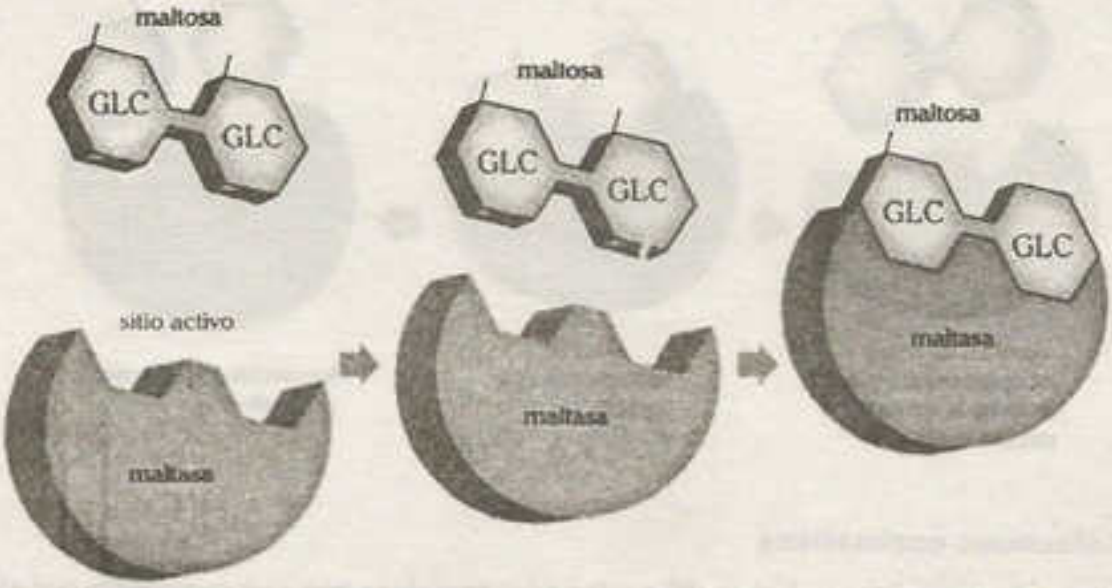


- **Hipótesis de Koshland o encaje inducido.** La enzima y el sustrato modifican su conformación para acoplarse. Esta hipótesis es mucho más aceptable, considerando las características moleculares de la enzima y el sustrato.

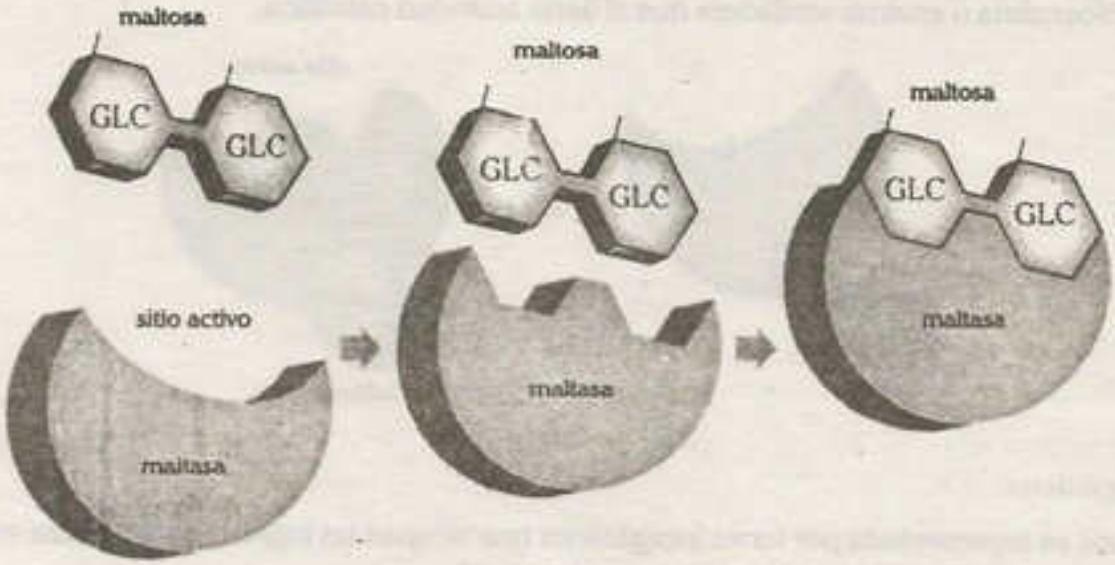


MODELOS DE ACOPLAMIENTO ENTRE MALTASA Y MALTOSA

Modelo llave cerradura



Modelo encaje inducido

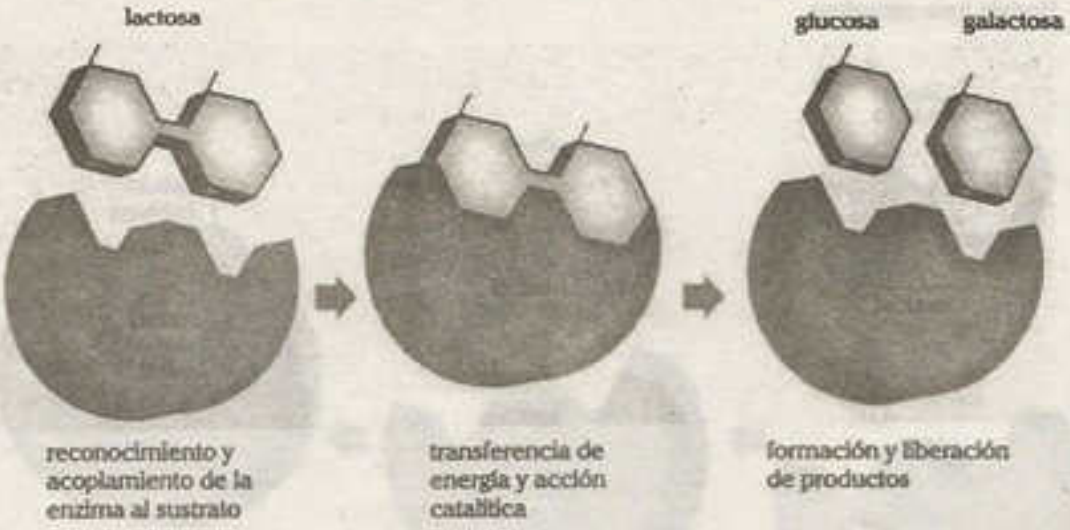


c. Acción catalítica

Opera mediante la catálisis ácida o básica; es decir, los aminoácidos catalíticos donan o aceptan protones del sustrato.

d. Formación y liberación de productos

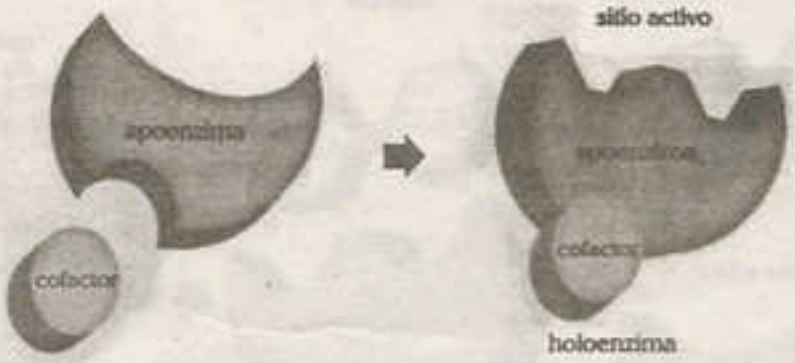
Se produce la transformación en una o más sustancias. El producto o los productos formados se separan de la enzima, la cual está en condiciones de unirse con otra molécula de sustrato.



11.5.6. Cofactores enzimáticos

Son sustancias de naturaleza química, diferentes a las proteínas que son requeridas por algunas enzimas para que tengan actividad. Pueden ser inorgánicas u orgánicas (coenzimas).

Algunas enzimas requieren de ambos cofactores para su actividad. La molécula enzimática sin cofactor se denomina apoenzima, y como es obvio, carece de actividad. En cambio, unida al cofactor es una holoenzima o enzima verdadera que sí tiene actividad catalítica.



a. Inorgánicos

La mayoría es representada por iones inorgánicos que ocupan un lugar en la molécula enzimática. Los más comunes son Mg^{++}, Zn^{++}, Cu^{++}, Fe^{++} y Mn^{++}.

Pueden actuar estabilizando la unión de la enzima con el sustrato como ocurre en la enzima carboxipeptidasa.

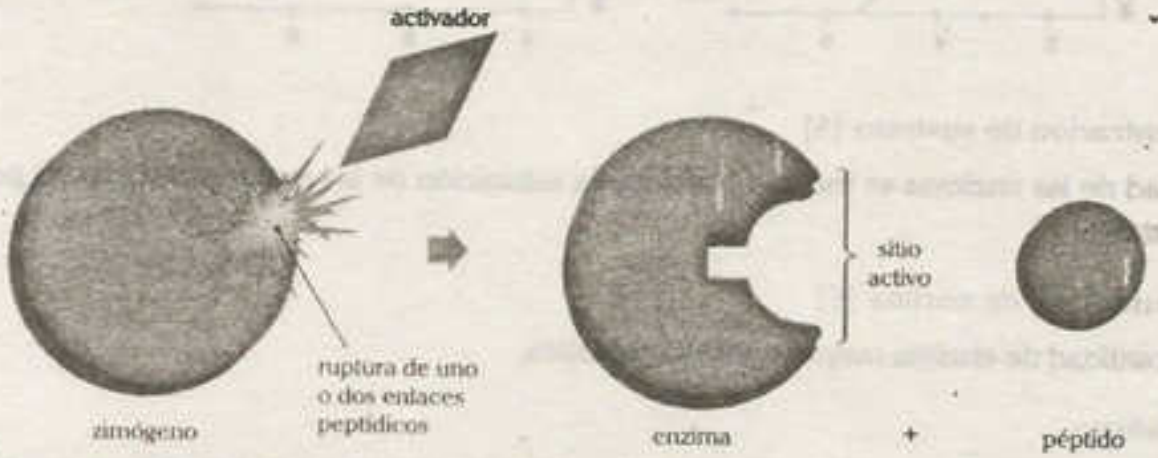
b. Coenzimas

Son moléculas orgánicas de diversas estructuras esenciales para la actividad de la enzima. En muchos casos, estas moléculas participan en las reacciones de manera semejante al sustrato. Las coenzimas son los fosfatos de azúcares, CoASH, el pirofosfato de tiamina, el fosfato de piridoxal, la biotina, el ácido lipoico, NAD^+, FMN, FAD^+ y la coenzima Q.

11.5.7. Proenzimas o zimógenos

Son moléculas proteicas precursoras de enzimas, se transforman en enzimas por acción de ciertos factores denominados activadores o inductores, los activadores más comunes son otras enzimas y el ácido clorhídrico.

Zimógeno	Activador	Enzima
amillasa salival	Cl^-	amillasa activa
pepsinógeno	HCl	pepsina
tripsinógeno	enterocinasa	tripsina intestinal
quimiotripsinógeno	tripsina	quimiotripsina
proelastasa	tripsina	elastasa



11.5.8. Factores que modifican la actividad enzimática

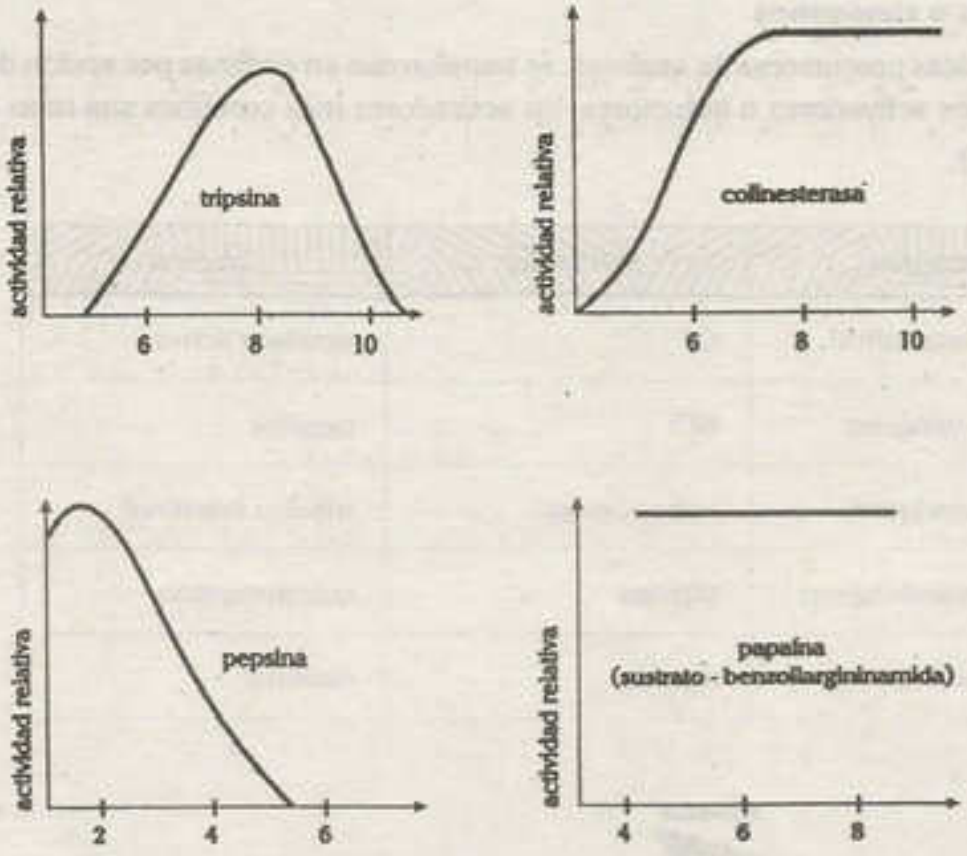
Por su naturaleza proteica las enzimas son sensibles a la temperatura y al *p*H. También su actividad puede modificarse por otros factores.

a. Temperatura (T)

Toda enzima presenta una temperatura óptima de actividad. Las temperaturas menores disminuyen la actividad por aumento de la rigidez molecular, mientras que las mayores desnaturalizan la enzima.

b. Potencial hidrogenión (*p*H)

Los valores de *p*H por encima o debajo de los valores normales disminuyen la actividad catalítica de las enzimas.



c. Concentración de sustrato [S]

La actividad de las enzimas se incrementa hasta la saturación de las moléculas, después permanece constante.

d. Concentración de enzima [E]

A mayor cantidad de enzima mayor actividad catalítica.

e. Inhibidores

Son sustancias que se unen a las enzimas disminuyendo su actividad. Los inhibidores pueden ser competitivos y no competitivos. Los competitivos son semejantes al sustrato, ocupan el sitio catalítico e impiden la unión de la enzima al sustrato. Su acción es reversible.

Los no competitivos son diferentes del sustrato, se unen con la enzima a un centro distinto del sitio activo. Puede ser reversible o irreversible.

- **Reversible.** Ocupa un espacio de la enzima e impide su unión al sustrato.
- **Irreversible.** Daña la molécula. Se denomina veneno enzimático.

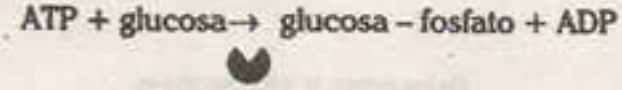
11.5.9. Clasificación

a. Oxidorreductasas

Catalizan reacciones de óxido-reducción. Dentro de esta clasificación se encuentran los citocromos, estos son enzimas que transportan electrones durante la respiración celular.

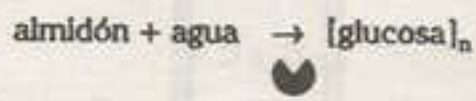
b. Transferasas

Participan en la transferencia de grupos químicos entre moléculas. Un ejemplo de estas es la fosfotransferasa, que acopla un grupo fosfato de la ATP a la glucosa.



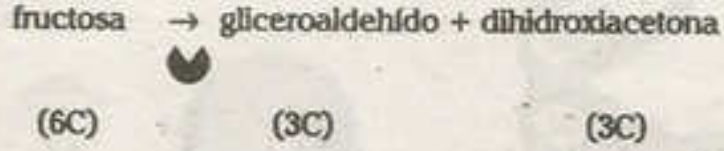
c. Hidrolasas

Catalizan reacciones de ruptura de moléculas con intervención de agua. Por ejemplo, la amilasa degrada el almidón en sus unidades de glucosa.



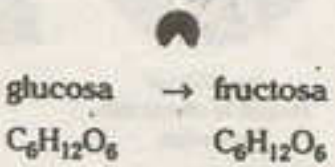
d. Liasas

Catalizan la formación de enlaces dobles, esto se aprecia cuando la amilasa rompe a la fructosa en dos moléculas de tres carbonos.



e. Isomerasas

Catalizan la transformación de una molécula en otra por cambio de disposición de los átomos. Así observamos lo siguiente:



f. Ligasa

Catalizan la unión de moléculas con formación de enlaces; además, resultan comunes en los procesos de síntesis. Por ejemplo, la ADN ligasa une los fragmentos de Okasaki durante la duplicación discontinua del ADN.

12 ▸ ÁCIDOS NUCLEICOS

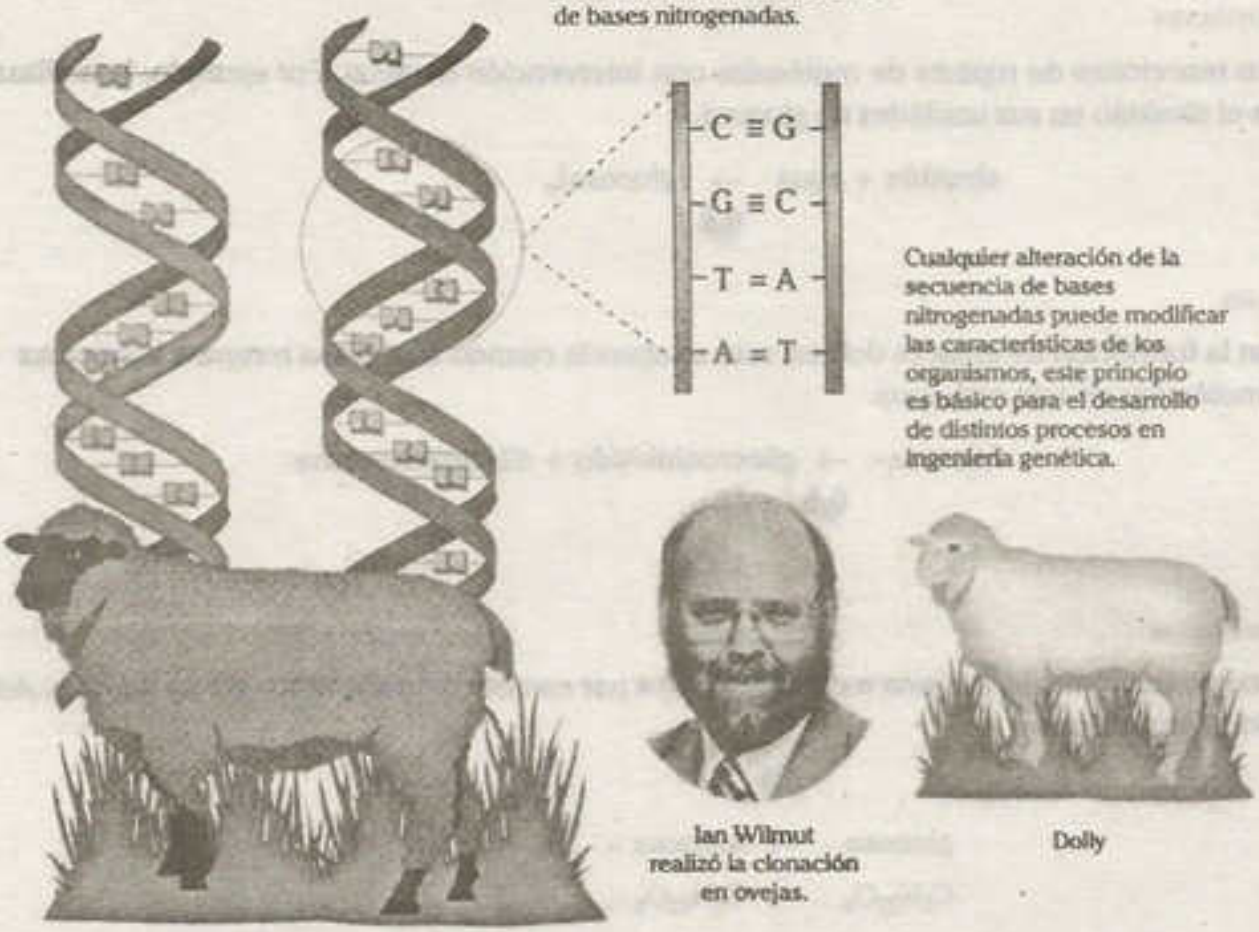
12.1. IMPORTANCIA BIOLÓGICA

Los ácidos nucleicos son moléculas orgánicas que constituyen del 5 al 15% del peso en seco de todas las células; son constantes en todos los seres vivos donde participan en el almacenamiento y la transmisión de la información genética. Son importantes en los seres vivos porque dirigen la síntesis de todas las proteínas, determinan la gran variabilidad individual dentro de una especie, constituyen la materia prima de la evolución y permiten trasmitir características de una a otra generación.

Ácidos nucleicos

Las características de un individuo son productos de la expresión de sus genes presentes en su ADN y la influencia de su entorno.

En los genes, la información se encuentra como una secuencia de bases nitrogenadas.



Cualquier alteración de la secuencia de bases nitrogenadas puede modificar las características de los organismos, este principio es básico para el desarrollo de distintos procesos en ingeniería genética.

oveja dorset finlandesa

Ian Wilmut realizó la clonación en ovejas.

Dolly

12.2. DEFINICIÓN

Son biomoléculas orgánicas pentarias, compuestas por cinco elementos químicos: carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y fósforo (CHONP), están constituidas por cientos o miles de unidades estructurales denominados nucleótidos.

12.3. ESTRUCTURA MOLECULAR

Los ácidos nucleicos son macromoléculas constituidas por una o dos cadenas de miles de nucleótidos, por este motivo, adquieren un elevado peso molecular. Fueron descubiertos en 1868 por Miescher en los glóbulos blancos de secreción purulenta; posteriormente los aislaron por primera vez del núcleo celular, donde se descubrió su carácter ácido. En 1953, Watson y Crick logran determinar su estructura molecular. Los nucleótidos permanecen unidos por enlaces fosfodiéster.

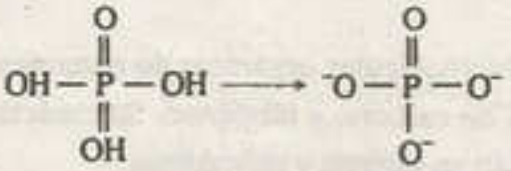
12.3.1. Nucleótidos

Son los monómeros, unidades moleculares, de los ácidos nucleicos. Están compuestos de una pentosa, sea ribosa o desoxirribosa, un grupo fosfato y una base nitrogenada, sea purina o pirimidina.

Los nucleótidos son ésteres de nucleósidos con el ácido fosfórico. Un nucleósido está constituido por una base nitrogenada y una pentosa unidos mediante enlace β–N glucosídico.

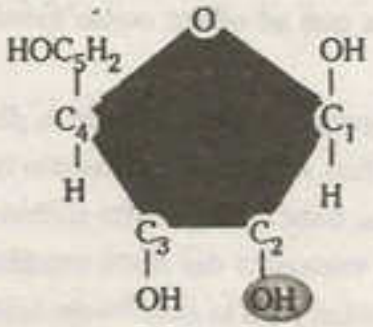
a. Componentes

- **Ácido fosfórico (H_3PO_4).** Es la molécula responsable del carácter ácido de los ácidos nucleicos, además les otorga basofilia, es decir, la capacidad de fijar los colorantes básicos, tales como la fucsina.

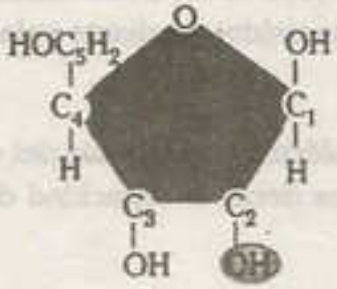


El ácido fosfórico es vital en la polimerización de nucleótidos. Si bien en los ácidos nucleicos se encuentra como anión fosfato (PO_4^{-3}), también puede encontrarse como monoéster o diéster.

- **Pentosa.** En los nucleótidos existen pentosas, es así que los nucleótidos de ARN tienen la pentosa denominada ribosa, mientras que los nucleótidos de ADN presentan la pentosa denominada desoxirribosa.
  - **Ribosa.** Es la aldopentosa característica del ARN. También constituye la estructura de la molécula de ATP.

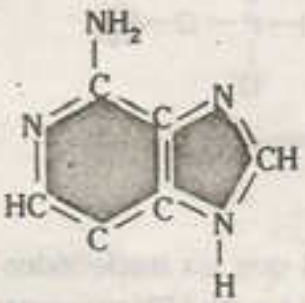


- **Desoxirribosa.** Es un desoxiazúcar característico del ADN. Se forma por desoxigenación de grupo hidróxilo que está unido al carbono 2 (C_2) en la ribosa.

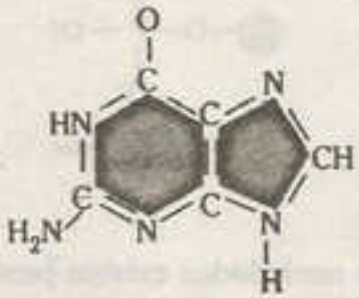


- **Bases nitrogenadas.** Son biomoléculas orgánicas de naturaleza aromática heterocíclica, debido a sus anillos formados de carbono y nitrógeno. Su carácter básico se debe a los grupos amino (NH_2^+) y se clasificadan en purinas y pirimidinas.
  - **Purinas.** Son bases nitrogenadas que a su vez deriva de la pirimidina que se ha unido a un anillo de imidazol.

    Las purinas son bases heterocíclicas constituidas por dos anillos. Por ejemplo, la adenina (A) y la guanina (G) son bases purinas.



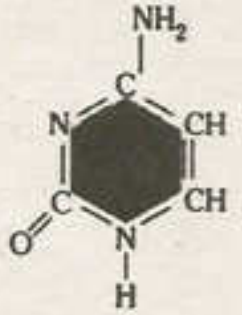
Adenina (A)



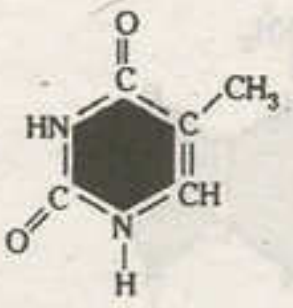
Guanina (G)

La adenina está presente en el ADN y ARN, así también, constituye al ATP, al $NADP^+$ y al FAD^+. De igual manera, la guanina está presente en el ADN y en el ARN, y constituye al GTP (guanosintrifosfato), molécula que se utiliza como fuente de energía durante la síntesis de proteínas.

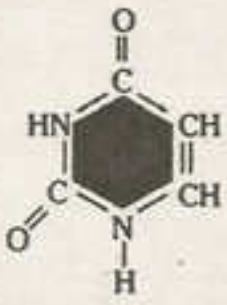
  - **Pirimidinas.** Son bases nitrogenadas derivadas de la pirimidina que se encuentran constituidas por un anillo heterocíclico. Algunas de estas son la citosina, base nitrogenada presente en el ADN y ARN; la timina, base nitrogenada pirimidina exclusiva del ADN y el uracilo, base nitrogenada pirimidina exclusiva del ARN; también constituyen la estructura de nucleotidos trifosfatados necesarios para la síntesis de ácidos nucléicos, tales como UTP, TTP y CTP.



Citosina (C)



Timina (T)



Uracilo (U)

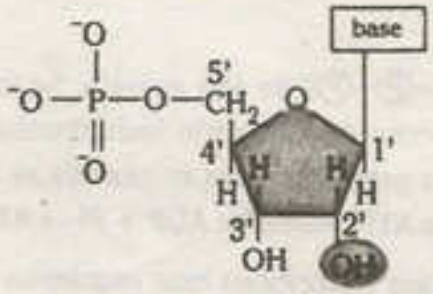
Las enfermedades humanas originadas por las anormalidades en el metabolismo de las bases nitrogenadas purinas son la gota, el síndrome de Lesh–Nyham, la deficiencia de adenosindesaminasa y la deficiencia purinucleósido fosforilasa.

b. Clasificación de los nucleótidos

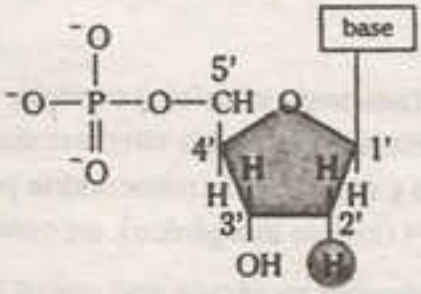
Según el tipo de pentosa, los nucleótidos se pueden clasificar en ribonucleótidos si la pentosa es la ribosa, y en desoxirribonucleótidos si la pentosa es la desoxirribosa. Según el número de residuos fosfato se pueden clasificar en nucleósidos monofosfatos, nucleósidos difosfatos y nucleósidos trifosfatos.

- **Ribonucleótidos.** Son los monómeros de los ácidos ribonucleicos. Están constituidos por fosfato, ribosa y una base nitrogenada (adenina, guanina, citosina o uracilo).
- **Desoxirribonucleótidos.** Son los monómeros de los ácidos desoxirribonucleicos. Están constituidos por fosfato, desoxirribosa y una base nitrogenada (adenina, guanina, citosina o timina).

Ribonucleósido – 5' monofosfato

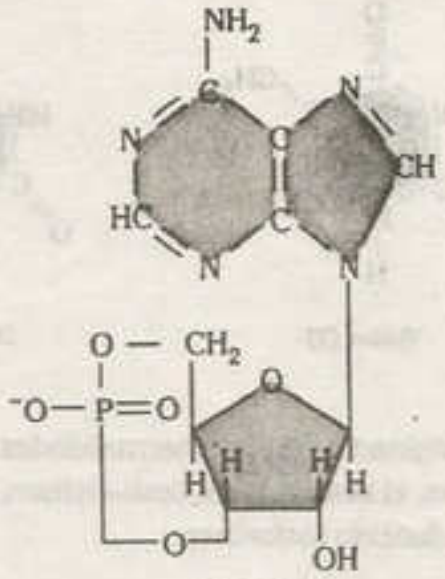


Desoxirribonucleósido – 5' monofosfato



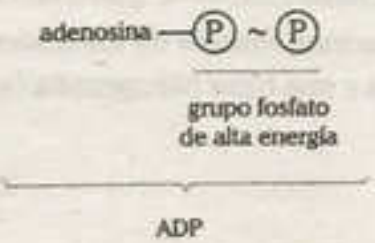
c. Funciones

- **Estructural.** Los nucleótidos constituyen a los ácidos nucleicos; a su vez son los monómeros o sillares del ADN y del ARN.
- **Mensajeros químicos.** El AMP_C (cíclico) es un nucleótido que se forma a partir de la hidrólisis del ATP, esta reacción es catalizada por la enzima adenilatociclasa. El AMP_C no solo integra la regulación de la glucogenólisis (degradación del glucógeno) y glucogenogénesis (síntesis de glucógeno), sino que también representa el **compuesto intermediario** intracelular o **segundo mensajero** por el cual actúan numerosas hormonas.



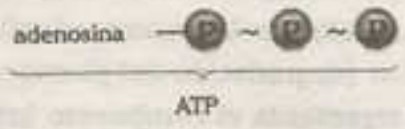
AMP_c (cíclico)

- **Energética.** El ADP (adenosín difosfato) es el precursor del ATP que contiene un grupo fosfato (~Ⓟ) de alta energía. Si bien puede aceptar un fosfato de alta energía y formar ATP, todo depende de la presencia de enzimas adecuadas.

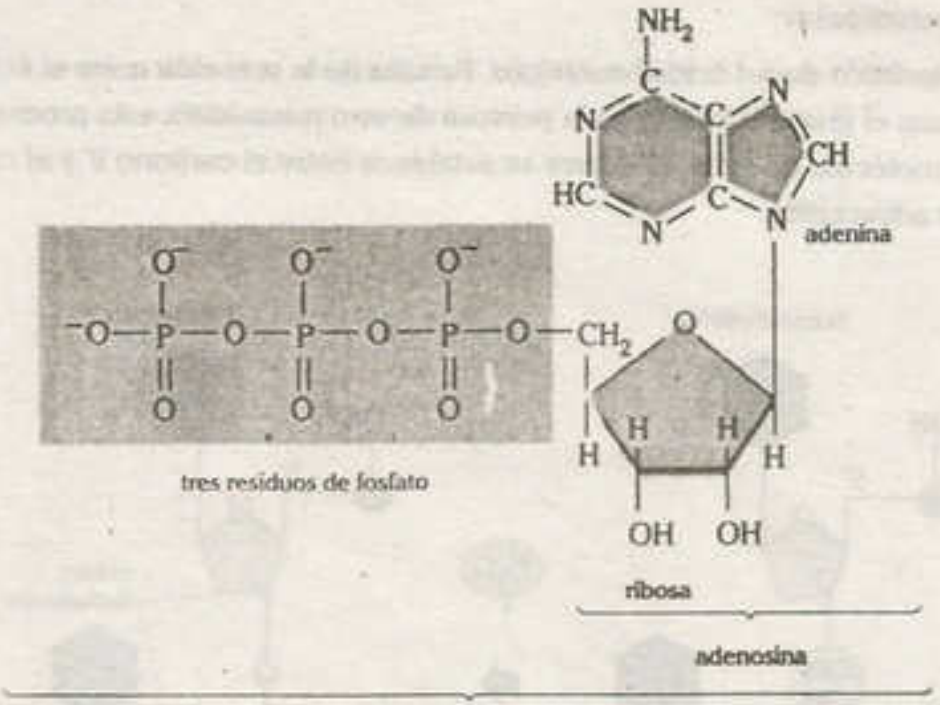


El ATP (adenosín trifosfato) contiene dos enlaces (~Ⓟ~Ⓟ) de alta energía. Se forma dentro de la célula en la matriz citoplasmática por un proceso denominado fosforilación a nivel del sustrato y dentro de la mitocondria por fosforilación oxidativa. Para su síntesis se requiere de ADP y Pi (fosfato inorgánico), así como de la enzima ATP sintetasa: ADP + Pi → ATP.

Es la principal molécula que utiliza la célula para sus reacciones que requieren de energía, tales como el transporte activo y en masa, que realiza la membrana citoplasmática; la glucólisis (ruptura de la glucosa); el movimiento ameboideo, flagelar o ciliar; la síntesis de glucógeno; la división celular y otros procesos.



Estructura simplificada de ATP



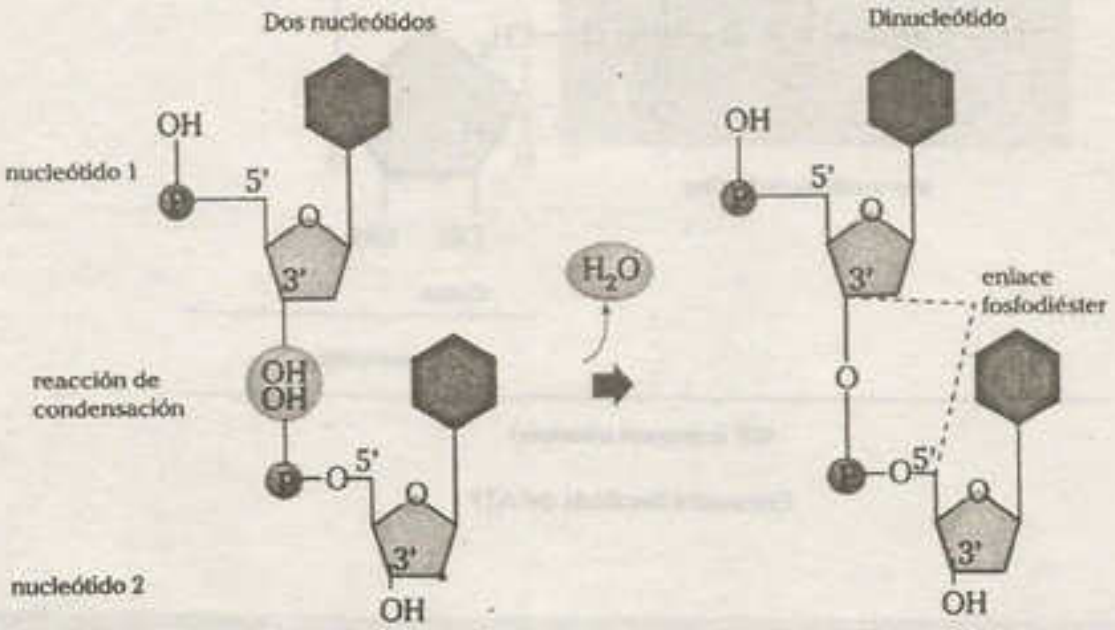
Estructura detallada del ATP

twitter.com/calapenshko

NUCLEÓTIDOS		
Nombre	Abreviado	Proceso en el que participa
adenosín trifosfato	ATP	Aporta 8 Kcal/mol, es el más utilizado en el metabolismo celular.
citidina trifosfato	CTP	Interviene en la biosíntesis de lípidos.
uridina trifosfato	UTP	Está presente en la biosíntesis de carbohidratos.
guanosina trifosfato	GTP	Es utilizado en la síntesis proteica.
timidina trifosfato	TTP	Junto con los anteriores participa en la síntesis de ácidos nucleicos.
adenosina monofosfato cíclico	AMPC	Acelera el catabolismo de glúcidos.
guanosina monofosfato cíclico	GMPC	Disminuye el catabolismo de glúcidos.

12.3.2. Enlace fosfodiéster

Es el enlace característico de los ácidos nucleicos. Resulta de la reacción entre el ácido fosfórico de un nucleótido con el grupo oxhidrilo de la pentosa de otro nucleótido, este proceso permite la liberación de una molécula de agua. El enlace se establece entre el carbono 3' y el carbono 5' de dos desoxirribosas adyacentes.



12.3.3. Polinucleótidos

Se denominan así a las cadenas largas de residuos de nucleótidos (más de diez) enlazados por enlace fosfodiéster. Los polinucleótidos se sintetizan en dirección 5'3'. El número 5' designa al átomo de carbono de la pentosa que se ubica en uno de los extremos de la cadena y el 3' al de la pentosa del otro extremo. Existen dos clases de polinucleótidos: los polirribonucleótidos y los polidesoxirribonucleótidos.

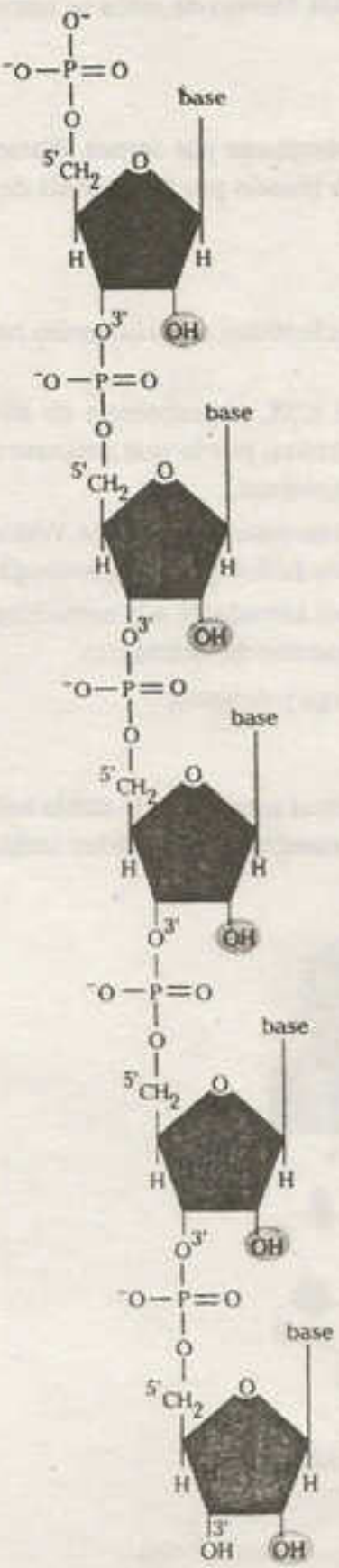
a. Polirribonucleótidos

Se denominan así a las cadenas largas de residuos de ribonucleótidos enlazados. Los polirribonucleótidos se sintetizan tomando como molde al ADN; en el caso de células animales y vegetales, esta se realiza en el núcleo celular con la participación de la enzima ARN polimerasa. Los polirribonucleótidos constituyen el ARN (ácido ribonucleico).

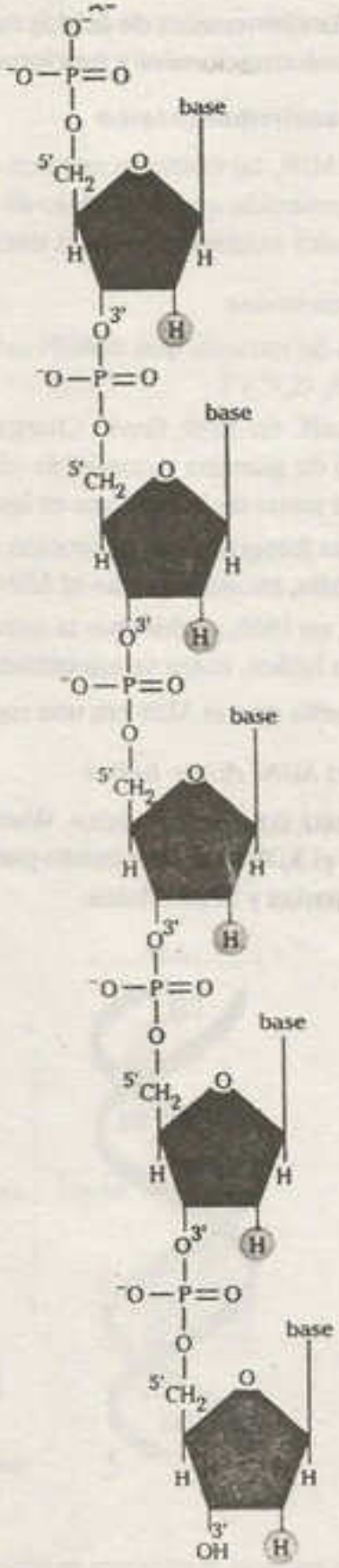
b. Polidesoxirribonucleótidos

Son aquellas cadenas largas de residuos de desoxirribonucleótidos enlazados. Los polidesoxirribonucleótidos se sintetizan tomando como molde al ADN. Su síntesis en células animales y vegetales se realiza en el núcleo celular con la participación de la enzima ADN polimerasa. Los polidesoxirribonucleótidos constituyen el ADN (ácido desoxirribonucleico).

Oligorribonucleótido



Oligodesoxirribonucleótido



12.4. CLASIFICACIÓN DE LOS ÁCIDOS NUCLEICOS

Existen dos tipos fundamentales de ácidos nucleicos: el ADN y el ARN. Dentro de estos se encuentran variedades conformacionales y funcionales.

12.4.1. Ácido desoxirribonucleico

La estructura del ADN, tal como se conoce en la actualidad, fue planteada por James Watson y Francis Crick. Reconocida como modelo de la doble hélice, estuvo ideado por un análisis de los datos experimentales existentes hasta la década del 50 del siglo XX.

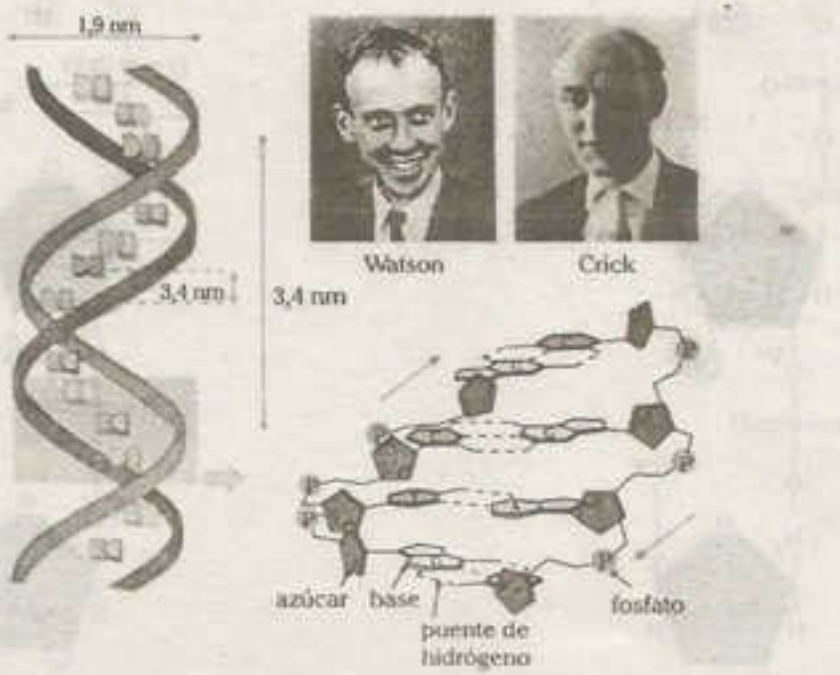
a. Datos experimentales

- **Composición.** Se conocía que el ADN estaba constituido por nucleótidos que contenían bases nitrogenadas A, G, C y T.
- **Ley de Chargaff.** En 1940, Erwin Chargaff descubrió que en el ADN, el porcentaje de adenina era igual al de guanina y que el de citosina era igual al de timina, por lo que propuso que A+G=T+C (la suma de las purinas es igual a la suma de las pirimidinas).
- **Estructura.** Las fotografías de difracción del ADN por rayos X, obtenidas por Maurice Wilkins y Rosalind Franklin, mostraban que el ADN presentaba giros de una hélice gigante (dextrogiro).

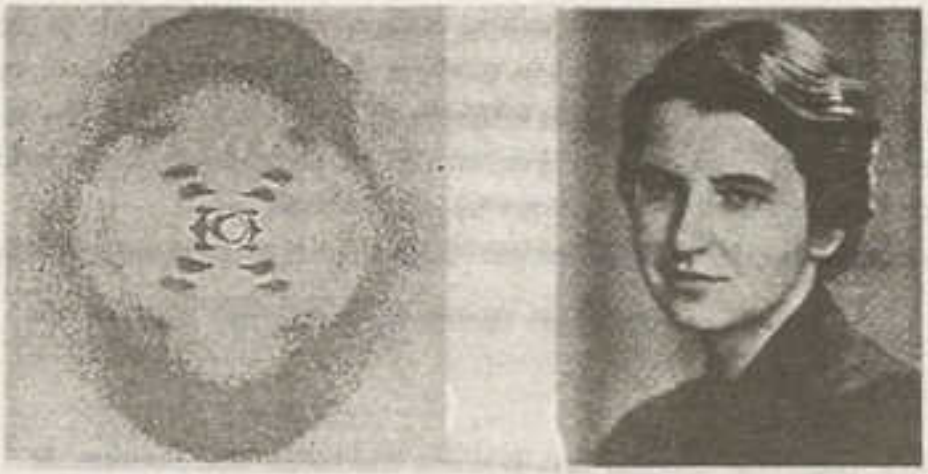
  Linus Pauling, en 1950, sugirió que la estructura del ADN podía ser semejante a la estructura de las proteínas α hélice, antes se encontraban estabilizadas por puentes de hidrógeno.
- **Tamaño.** Se sabía que el ADN era una molécula muy grande, larga y delgada.

b. Estructura del ADN: doble hélice

Sobre la base de este conjunto de datos, Watson y Crick construyeron el modelo de la doble hélice. Por consiguiente, el ADN está constituido por dos cadenas de polidesoxirribonucleótidos antiparalelas, complementarias y helicoidales.

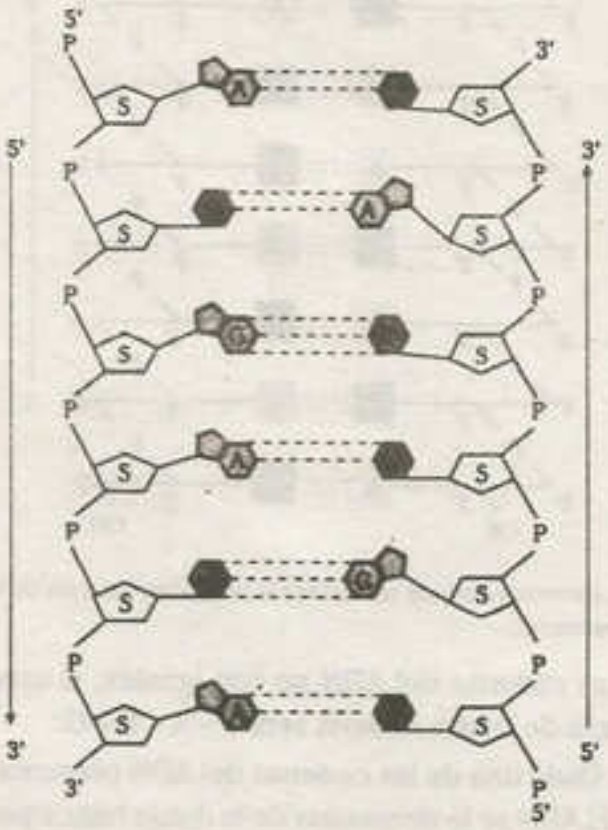


A la izquierda, la estructura de doble hélice del ADN, como fue presentada en 1953 por Watson y Crick. A la derecha, la estructura de una parte de la molécula de ADN.



Fotografía de difracción de rayos X del ADN, tomada por Rosalind Franklin.

- **Cadenas de polidesoxirribonucleicos.** Formadas por desoxirribonucleótidos constituidos por desoxirribosa, ácido fosfórico y una base nitrogenada (A, G, C, T). En las cadenas desoxirribonucleótidas se encuentran los enlaces fosfodiéster que le otorgan una gran estabilidad.



Estructura molecular del ADN mostrando el esqueleto del azúcar pentosa (S) y fosfato (P) de las dos cadenas y su naturaleza antiparalela.

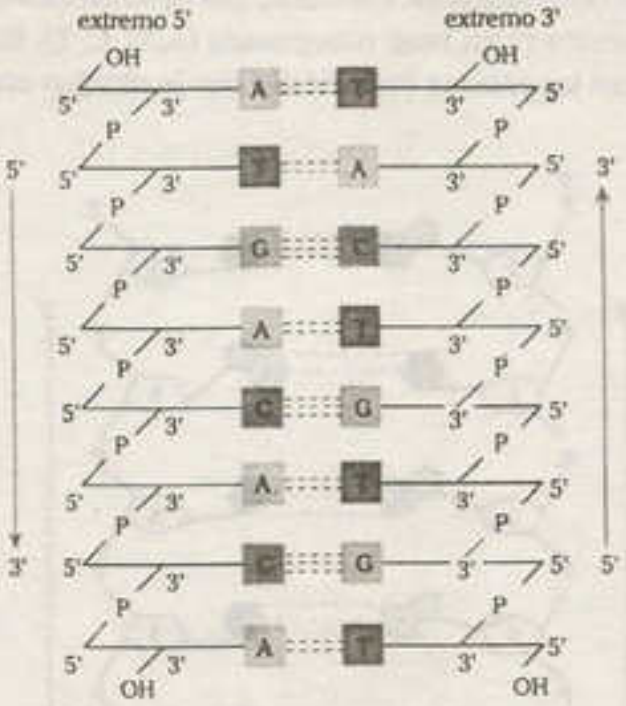
- **Cadenas antiparalelas.** Se las denomina de esa forma porque tienen dirección opuesta, de manera que en cada extremo de la molécula de ADN, una cadena expone un carbono 5' y la otra un carbono 3'.

- **Cadenas complementarias.** Se les denomina complementarias porque se mantienen unidas por medio de puentes de hidrógeno. Los puentes de hidrógeno se establecen entre las bases nitrogenadas de las dos cadenas: la **adenina** se acopla con la **timina** y la **citosina** con la **guanina**, mientras que las purinas se aparean con las pirimidinas. No se encuentran purinas apareadas con purinas, ni pirimidinas con otras pirimidinas.

  De forma simplificada podemos representar el apareamiento de la siguiente manera:

  A = T } Unión de adenina con timina mediante dos puentes de hidrógeno.

  C ≡ G } Unión de citosina con guanina mediante tres puentes de hidrógeno.



Esquema abreviado, donde se destaca la polaridad opuesta de las bandas complementarias.

- **Cadenas diferentes.** Las cadenas del ADN no son iguales; si una cadena tiene la secuencia A – T – G – C, la secuencia de la otra cadena será T – A – C – G.
- **Cadenas helicoidales.** Cada una de las cadenas del ADN presenta una configuración espacial helicoidal. Al modelo del ADN se le denomina de la doble hélice porque es una molécula constituida por dos cadenas helicoidales. La enzima que cataliza la espiralización de las cadenas es la topoisomerasa.

c. Clases de ADN

Existen tres tipos de ADN: ADN_B, ADN_A, y ADN_Z.

- **ADN_B.** Es la forma de ADN más abundante en las células vivas. Se caracteriza por presentar giros de 3,4 nm, 10 pares de bases (pb) por vuelta y un diámetro helicoidal de 1,9 nm.

- **ADN_A.** Es la forma de ADN que resulta de la modificación del ADN_B en un medio más rico en sodio (Na^+) y potasio (K^+) y un entorno menos hidratado. Se caracteriza por presentar 11 pares de bases por vuelta y por ser el más ancho (2,3 nm de diámetro helicoidal).
- **ADN_Z.** Es el tipo de ADN que presenta giro hacia la izquierda. Se le llama Z porque el esqueleto fosfodiéster zigzaguea a lo largo de la molécula. Se caracteriza por presentar 12 pares de bases por giro y por ser el más delgado: 1,8 nm de diámetro helicoidal.

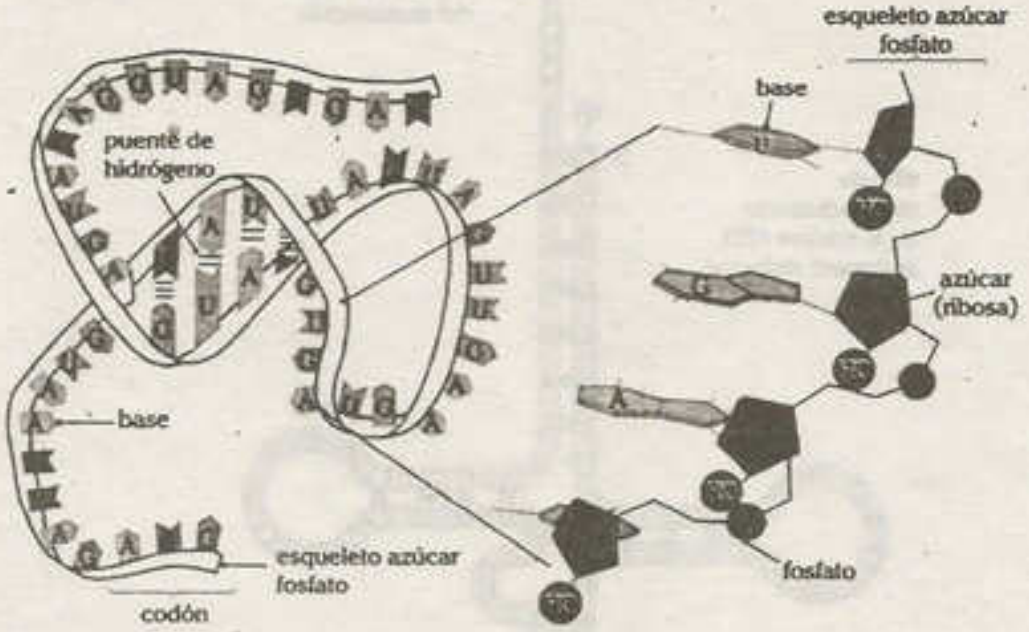
Nota

El lupus eritematoso sistemático es una enfermedad del ser humano por cuya causa los pacientes producen anticuerpos contra su propio ADN, hecho que se traduce en el daño nuclear e incremento de la mortalidad celular. De manera similar, la cepa del ratón MRL/lpr reproduce una forma severa de lupus con anticuerpos anti-ADN equivalentes a los hallados en el ser humano. El análisis de estos anticuerpos muestra que una parte de ellos reacciona con el ADN_Z, lo cual indica que la célula viva posee ADN_Z capaz de actuar como antígeno.

12.4.2. Ácido ribonucleico

El ARN está constituido por una cadena de polirribonucleótidos que presenta un extremo 5' y otro 3'. Los ribonucleóticos son aquellos que forman al polirribonucleótido y, además, se encuentran constituidos por ribosa, ácido fosfórico y una base nitrogenada (A, G, C, U).

Los ribonucleótidos se encuentran unidos por enlaces fosfodiéster.



En las bacterias existen tres clases de ARN: ARNm (mensajero), ARNt (de transferencia) y ARNr (ribosómico). Mientras que en las células eucariotas existen cuatro clases de ARN: ARNhn (heterogéneo nuclear), ARNm, ARNt y ARNr.

a. ARNhn (heterogéneo nuclear)

Se elabora a partir de una cadena molde de ADN en el interior del núcleo. Es el precursor del ARNm, ARNt y ARNr.

b. ARNm (mensajero)

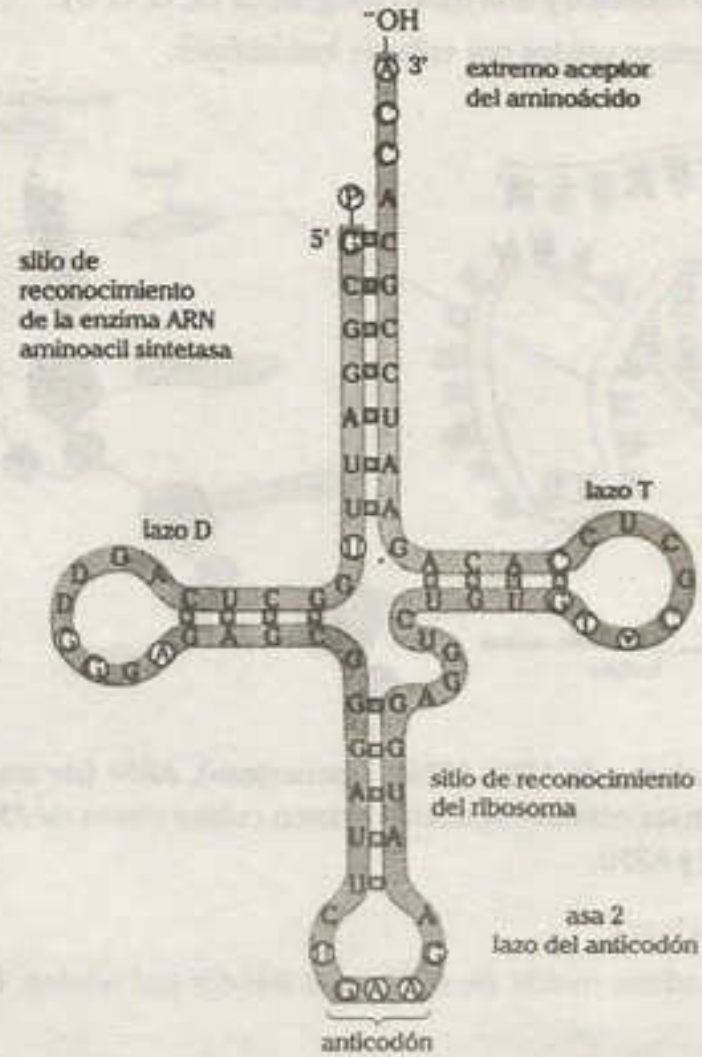
Es la molécula lineal que sale del núcleo hacia los ribosomas con la información para que estos sinteticen proteínas y se encuentra constituida por ribonucleótidos. Presenta un extremo 5' donde se encuentra una secuencia líder 5' (codon de iniciación) que le permite unirse a los ribosomas, luego se encuentran las secuencias codificadoras que contienen el mensaje real (codones) para la formación de una proteína y finalmente se encuentran las secuencias finales (codones sin sentido) que son señales que finalizan la síntesis de proteínas.

El ARNm está constituido por codones. Un codón es una secuencia de tres ribonucleótidos que son los códigos para la llegada de un aminoácido.

c. ARNt (transferencia)

Es un tipo de ARN cuya función es transportar y adaptar aminoácidos durante la síntesis de proteínas. Los ARNt son cadenas de polinucleótidos de aproximadamente 70 a 90 nucleótidos; su estructura es tridimensional, semejante a una letra "L", y bidimensionalmente se les compara a una hoja de trébol. El ARNt presenta un extremo aceptor de aminoácidos y tres o más asas (lazos). El asa 2 presenta al anticodón, una secuencia de tres ribonucleótidos que son complementarios a un codón específico del ARNm.

ESTRUCTURA DEL ARNT



d. ARNr (ribosomal)

Es el ARN que constituye aproximadamente el 65% de la composición de los ribosomas. En la subunidad menor de los ribosomas, hay solo una molécula de ARNr, mientras que en la subunidad mayor son dos moléculas de ARNr.

13 ▸ VITAMINAS

13.1. DEFINICIÓN

Grupo de moléculas orgánicas de naturaleza química variable (lípidos, glúcidos derivados, etc.) que se necesitan en pequeñas cantidades en la dieta. La cantidad necesaria de vitaminas por persona es variable según diversos factores como el tamaño corporal, el ritmo de crecimiento, el grado de ejercicio, las enfermedades, el embarazo, la edad, etc.

13.2. IMPORTANCIA

Las vitaminas son importantes, ya que participan como cofactores enzimáticos (complejo B, vitamina C y vitamina K), como componentes de pigmentos visuales (vitamina A), en la coagulación sanguínea (vitamina K), estimulando la absorción de calcio (vitamina D), protegiendo las membranas celulares (vitamina E), entre otras.

13.3. CLASIFICACIÓN

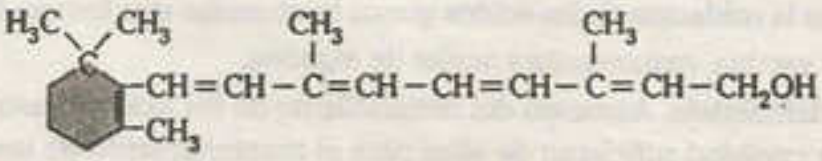
Según la solubilidad en lípidos o en agua, se clasifican en liposolubles e hidrosolubles.

13.3.1. VITAMINAS LIPOSOLUBLES

a. Vitamina A

También es denominada axeroftol, es un factor antinfeccioso, antixeroftálmico o retinol.

- **Estructura molecular**



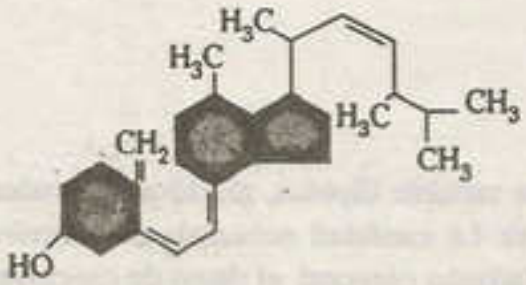
Vitamina A (retinol)

- **Actividad.** Se convierte en retineno, un componente necesario de los pigmentos de la retina, indispensable para la visión normal, el crecimiento y la integridad del tejido epitelial; asimismo, promueve el crecimiento normal de los huesos y dientes al regular la actividad de las células óseas.
- **Fuentes.** Aceite de hígado de pez espada, yema de huevo y mantequilla.
- **Efectos de su deficiencia.** Falta de crecimiento, ceguera nocturna, atrofia del epitelio, epitelio sujeto a infección, piel descamada y xeroftalmía (ojo seco).

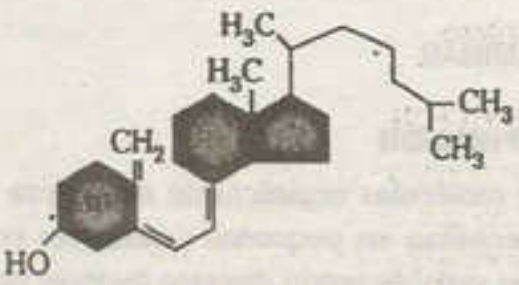
b. Vitamina D

Presenta dos tipos: calciferol (D_2) y colecalciferol (D_3). Se sintetiza en la piel a partir del colesterol o del ergosterol por efecto de la radiación ultravioleta de la luz solar.

- **Estructura molecular**



Vitamina D_2 (calciferol o ergocalciferol)



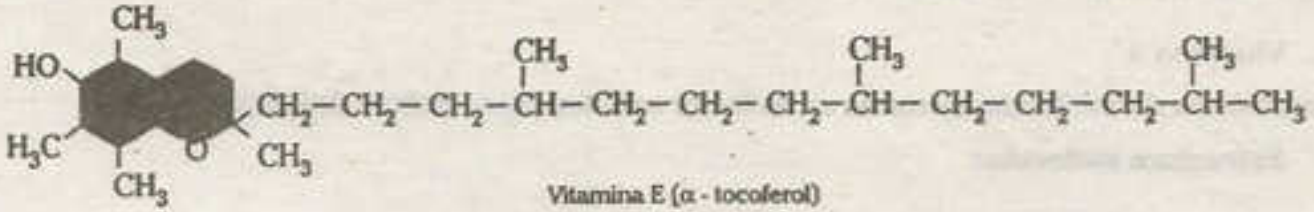
Vitamina D_3 (colecalciferol)

- **Actividad.** Promueve la absorción de calcio en el intestino; es esencial para el crecimiento normal y el mantenimiento del hueso.
- **Fuentes.** Aceite de hígado de pez espada, yema de huevo y mantequilla.
- **Efectos de su deficiencia.** Deformidades de los huesos; raquitismo en los niños, osteomalacia en los adultos.

c. Vitamina E

Factor antiestéril, y también es conocida como tocoferol.

- **Estructura molecular**



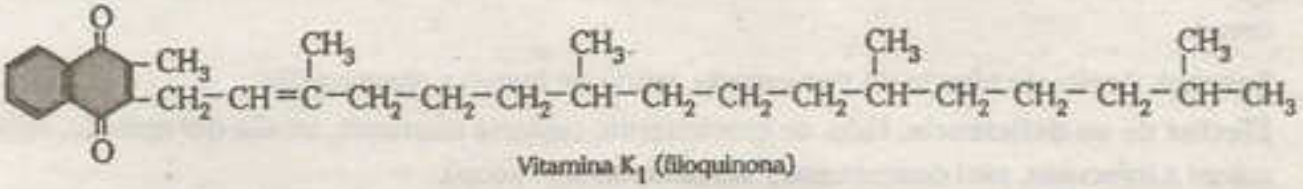
Vitamina E (α - tocoferol)

- **Actividad.** Inhibe la oxidación de los ácidos grasos insaturados que forman la membrana celular.
- **Fuentes.** Carne vacuna, mantequilla y aceite de algodón.
- **Efectos de su deficiencia.** Aumento del metabolismo de los ácidos grasos insaturados, por lo que no hay una cantidad suficiente de ellos para el mantenimiento de las membranas celulares; impide también que el crecimiento sea normal.

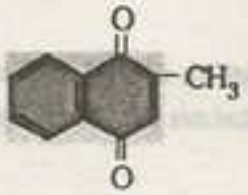
d. Vitamina K

Factor protrombina, filoquinona; vitamina antihemorrágica, vitamina de la coagulación.

- **Estructura molecular**



Vitamina K_1 (filoquinona)



Vitamina K_3 (menadiona)

- **Actividad.** Esencial para la coagulación sanguínea, interviene en la síntesis de los factores II, VII, IX y X.
- **Fuentes.** Hígado de porcino, huevos, alfalfa y espinacas.
- **Efecto de su deficiencia.** Tiempo prolongado de coagulación.

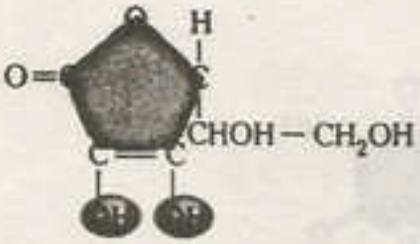
13.3.2. VITAMINAS HIDROSOLUBLES

Son aquellas que se disuelven en agua; mayormente, son coenzimas que se excretan a través de la orina. El complejo B originariamente era considerado como una sola vitamina; como consecuencia de la investigación se ha ido aislando una diversidad de sustancias de actividad vital para los seres vivos.

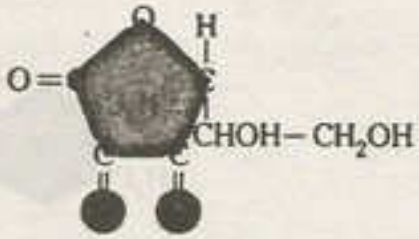
a. Vitamina C

Ácido ascórbico, factor antiescorbútico. La vitamina C fue aislada del jugo de naranja y de las glándulas suprarrenales del buey.

- **Estructura molecular**



Vitamina C
(ácido ascórbico)



Ácido deshidroascórbico

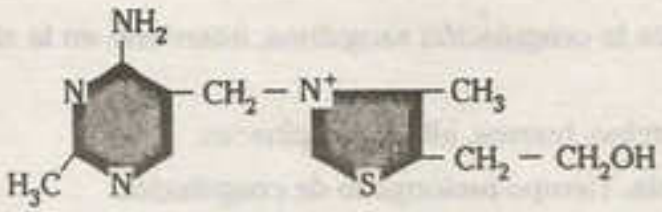
- **Actividad.** Activa una enzima que hidroxila a los aminoácidos prolina y lisina, los cuales son necesarios para la síntesis de colágeno, la formación de la matriz del hueso, de la dentina y del cemento intercelular de los dientes; también resulta para el metabolismo de varios aminoácidos; además que ayuda al cuerpo a soportar las lesiones ocasionadas por quemaduras y toxinas bacterianas.
- **Fuentes.** Hígado de vacuno, bazo, perejil, nabos y tomates.
- **Efectos de sus deficiencias.** El escorbuto es una consecuencia: las heridas cicatrizan con lentitud y al ser débiles se abren con facilidad, los capilares se vuelven frágiles, el hueso no crece y no se repara adecuadamente.

b. Complejo B

Es un conjunto de vitaminas que participan en el metabolismo celular como coenzimas o componentes de coenzimas. Dentro de ellas destacan las vitaminas B_1, B_2, B_3, B_5, B_6, B_8, B_9 y B_{12}.

Vitamina B_1

- **Estructura molecular**

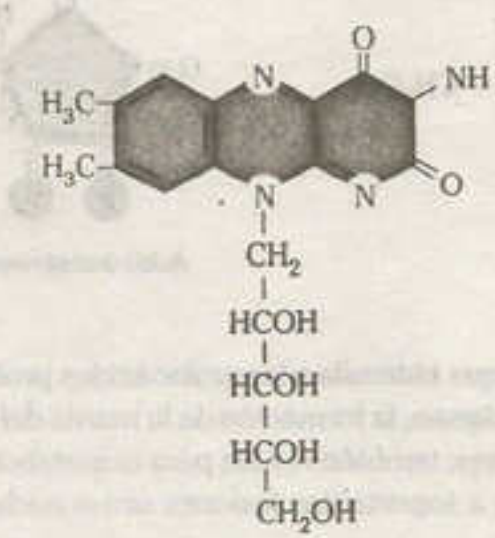


Vitamina B_1

- **Actividad.** Su derivado actúa como coenzima en muchos sistemas enzimáticos; importante en el metabolismo de los carbohidratos y aminoácidos. Es componente de enzimas descarboxilasas.
- **Fuentes.** Carne porcina, hígado de vacuno, levadura y salvado de arroz.
- **Efectos de su deficiencia.** Beriberi, enfermedad que se caracteriza por el debilitamiento del músculo cardiaco, crecimiento anormal del lado derecho del corazón, trastornos en el sistema nervioso y el aparato digestivo.

Vitamina B_2

Lactoflavina, riboflavina.



Vitamina B_2

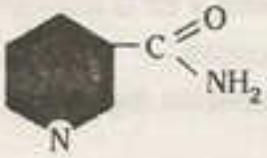
- **Actividad.** Necesaria en la síntesis de una coenzima esencial para la respiración celular, el FAD (flavina adenindinucleótido) que participa en reacciones de deshidrogenación.

- **Fuentes.** Hígado, riñón, levadura de cerveza y espinaca.
- **Efectos de su deficiencia.** Dermatitis, inflamación, cuarteaduras y comisuras de los labios (boquera), depresión mental.

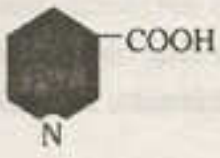
Vitamina B_3

Fue descubierta en 1927, diez años más tarde se demostró que la sustancia activa era la nicotinamida. El cuerpo utiliza niacina (ácido nicoténico) para sintetizar nicotinamida. No se debe confundir con el ácido nicotínico, puesto que a pesar de la semejanza en nombre y estructura, la nicotina no es convertida en ácido nicotínico en nuestro cuerpo. La nicotina de los cigarrillos puede afectar la utilización adecuada del ácido nicotínico.

- **Estructura molecular**



Nicotinamida



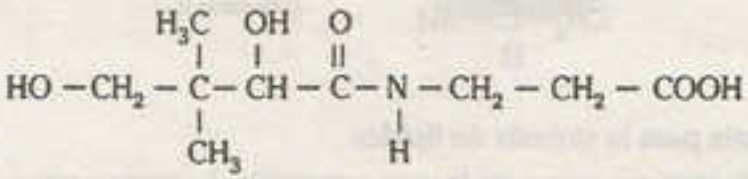
Niacina B_3

- **Actividad.** Componente de una coenzima importante para la respiración celular, el NAD^+ (nicotinamida adenindinucleótido) que participa en reacciones de deshidrogenación.
- **Efectos de su deficiencia.** En países como el Perú se da la pelagra, enfermedad caracterizada por la dermatitis, diarrea y demencia (las tres D de la pelagra).

Vitamina B_5

Fue identificada en 1933. El nombre de pantoténico se debe a su amplia distribución (que proviene de *pantos*, 'de todas partes').

- **Estructura molecular**



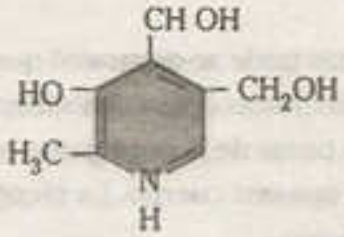
Ácido pantoténico (vitamina B_5 o W)

- **Actividad.** Constituyente de la coenzima A, compuesto que participa en el transporte de acetil hacia el ciclo de Krebs. Es usada para el tratamiento de la tensión, depresión y la ansiedad.
- **Fuentes.** Los alimentos más ricos en vitamina B_5 son las vísceras (hígado).
- **Efectos de su deficiencia.** La deficiencia de B_5 es muy rara; sin embargo, su carencia puede causar fatigas, dolores de cabeza, náuseas y comezón en las manos.

Vitamina B_6

Adermina, piridoxina, piridoxamina, piridoxal.

- **Estructura molecular**



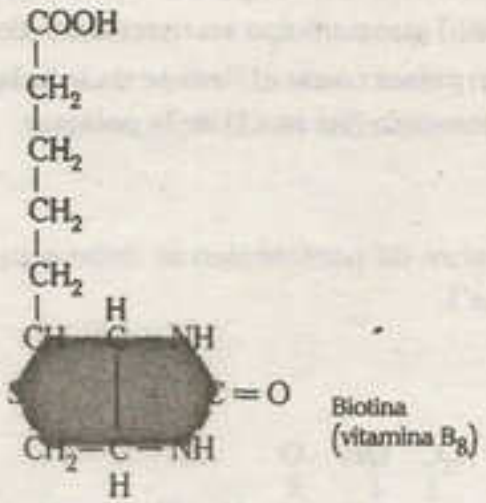
Vitamina B_6 (piridoxina)

- **Actividad.** Su derivado es una coenzima denominada fosfato de piridoxal, que participa en muchas reacciones del metabolismo de los aminoácidos y en la glucogenólisis.
- **Fuentes.** Carne porcina, hígado de vacuno, arvejas y papas.
- **Efectos de su deficiencia.** Dermatitis, trastornos del aparato digestivo y convulsiones.

Vitamina B_8

Biotina y vitamina H.

- **Estructura molecular**



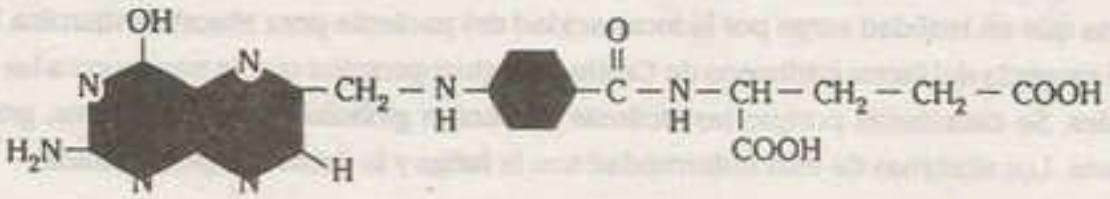
Biotina (vitamina B_8)

- **Actividad.** Necesaria para la síntesis de lípidos.
- **Fuentes.** Hígado de vacuno, yema de huevo, cascarilla de arroz y papa.
- **Efectos de su deficiencia.** Dermatitis ceborreica descamativa, depresión, somnolencia y anorexia. El consumo de huevos crudos puede causar deficiencias de biotina, ya que la clara contiene una proteína denominada avidina que al combinarse en forma consistente con la biotina impide su absorción.

Vitamina B_9

Desde 1958 se sabe que el ácido fólico es imprescindible para el crecimiento de los pollos y otros animales. En 1945 fue empleado por primera vez en el tratamiento contra la anemia megaloblástica de las mujeres embarazadas.

- **Estructura molecular**



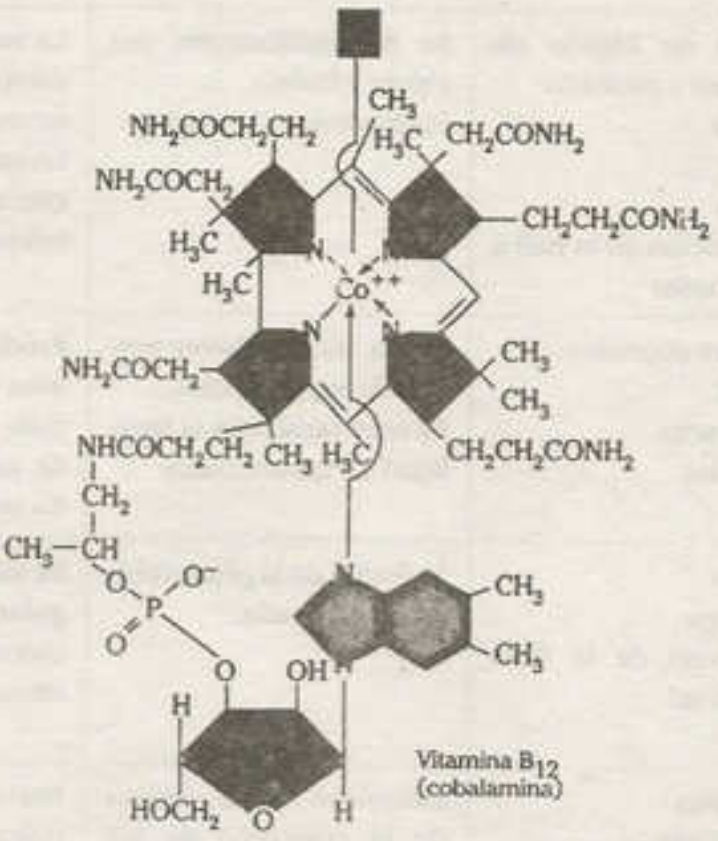
Vitamina B_9 (ácido fólico)

- **Actividad.** Coenzima necesaria para las reacciones de síntesis de los ácidos nucleicos y para la maduración de los glóbulos rojos.
- **Fuentes.** Hojas verdes, hígado y carnes.
- **Efectos de su deficiencia.** Anemia por deficiencia de folato, que es un tipo de anemia megaloblástica, en el que los glóbulos rojos son muy grandes y su contenido interno no está completamente desarrollado. Los glóbulos rojos son ovalados y degeneran antes de los 120 días.

Vitamina B_{12}

Cobalamina y cianocobalamina.

- **Estructura molecular**



Vitamina B_{12} (cobalamina)

- **Actividad.** Coenzima de importancia en el metabolismo de los ácidos nucleicos.
- **Efectos de su deficiencia.** La vitamina B_{12}, a diferencia de las otras vitaminas hidrosolubles, se almacena en el hígado, por lo que hay que estar en periodos muy prolongados de carencia para que ocurra una anemia perniciosa.

La anemia perniciosa no es simplemente el resultado de una deficiencia de vitamina B_{12} en la dieta, sino que en realidad surge por la incapacidad del paciente para absorber vitamina B_{12}, debido a la carencia del factor intrínseco de Castle, una glucoproteína que la transporta a las células intestinales. Se caracteriza porque las víctimas presentan glóbulos rojos inmaduros, grandes y numerosos. Los síntomas de esta enfermedad son la fatiga y la debilidad generalizada.

LAS VITAMINAS: CUADRO RESUMEN

Nombre	Fuente	Función	Enfermedad
vitamina A o retinol (vitamina relacionada con los carotenos, que son provitaminas).	vegetales (verduras amarillas como en zanahorias, nabo) mantequilla y queso hígado de pescado	Mantiene las células epiteliales. Favorece el funcionamiento normal de los ojos y membranas mucosas.	Cornea seca, falta de secreción de lágrimas (xeroftalmia), puede ocasionar ceguera nocturna (dificultad de ver en luz tenue), descamación de la piel y detención en el crecimiento.
vitamina D o calciferol (vitamina relacionada con los esteroides).	aceite de hígado de bacalao y pescado huevo leche polen exposición de la piel a la luz solar	Se da metabolismo del calcio y fosfato. Forma huesos y dientes.	La escasez causa el raquitismo en los niños y la osteomalasia en los adultos. En exceso, produce la calciferación de los tejidos blandos.
vitamina E o tocoferol (vitamina de la fertilidad)	aceites vegetales carne espinacas semillas	Se da metabolismo normal de los músculos. Es necesaria para la fertilidad de los animales	Produce esterilidad en las aves y ratas machos, además de la degeneración de los testículos y distrofia muscular.
vitamina K, vitamina antihemorrágica (vitamina de la coagulación)	alfalfa lechuga bacterias de la flora intestinal	Se forma de la protrombina en el hígado.	Se da trastornos de coagulación sanguínea, hemorragias subcutáneas e intramusculares.
vitamina B_1 (tiamina o aneurina)	cereales leguminosas hortalizas ampliamente distribuida, ausente en el arroz (que la contiene en la cascarilla)	Interviene en la síntesis de la coenzima de las carboxilasas. Cumple un rol importante en la descarboxilación del ácido pirúvico y en el ciclo de Krebs.	Beri-beri, enfermedad típica del extremo Oriente que afecta a personas cuya dieta se compone de arroz descascarillado.

Nombre	Fuente	Función	Enfermedad
vitamina B_2 (riboflavina)	levaduras cereales leche	Forma parte del FMN. Interviene en el metabolismo y sistema de transporte de electrones.	Queilosis, rajadura de los labios. Dermatitis, escoriaciones en la piel. Si la causa es grave, puede llegar a producir la muerte.
vitamina B_3 (niacina o vitamina antipelagrosa)	levaduras cereales germen de trigo en vísceras (riñón e hígado)	Forma parte del NAD^+.	Enfermedad conocida como flagra o mal de la rosa, esta denominación se debe a que la persona afectada presenta escoriaciones con el enrojecimiento correspondiente de la piel. Puede estar acompañada de otros síntomas como diarrea y demencia.
vitamina B_5 (ácido pantoténico)	levaduras frutas cereales legumbres	Es un componente de la coenzima, interviene en el metabolismo.	Puede ocasionar calvicie. En los animales, su deficit ocasiona agrietamiento del pelo.
vitamina B_6	levaduras semillas de cereales (trigo, maíz)	Interviene en el metabolismo de los aminoácidos en forma de piridoxal.	Presenta sistemas parecidos a los de la seborrea. Ocasiona dermatitis (en ratas) y trastornos nerviosos.
vitamina B_{12} o cobalamina (comercialmente se denomina cianocobalamina)	hígado pescado carnes (no existen en vegetales)	Interviene en la formación del ácido desoxirribonucleico (ADN).	Anemia perniciosa, consiste en la disminución del número de eritrocitos.
vitamina C o vitamina antiescorbútica (ácido ascórbico)	cítricos (naranjas, limón, etc.) verduras	Forma la sustancia intercelular.	Escorbuto, su cuadro clínico es muy complejo y esta caracterizado por hemorragias internas, dolor de encías, degeneración de los dientes, dolor en articulaciones, trastornos digestivos.

A todo el público en general:

El Proyecto Modo Scan+100, nace de una idea del **Team Calapenshko**, el cual es difundir todo aquel texto inédito que no esté circulando en la red.

Nuestro Grupo Calapenshko hace el mejor esfuerzo para digitalizar este libro, y así usted estimado lector pueda obtener la mejor experiencia que toda persona desea al abrir un libro.

Este proyecto llega gracias a las **donaciones que se pudo obtener de 100 personas** comprometidas con el proyecto **MODO SCAN+100**.

Este libro no debe ser prostituito monetariamente, este libro no debe ser coleccionado, este libro debe ser destruido analíticamente, así que te invito a leerlo.

No pagues por este libro de **circulación gratuita**, búscalo en la red.

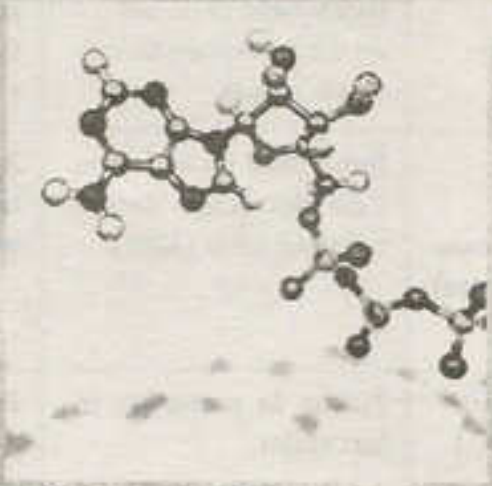
Atentamente, el **GRUPO CALAPENSHKO**

18 de agosto del 2020

La doble vida del ATP: investigación y ciencia

En clase de biología, una de las primeras cosas que aprenden los estudiantes y que más tiempo perdura en su memoria es que todas las células utilizan como combustible una molécula de tamaño limitado denominada adenosín trifosfato (ATP). Esa fuente de energía universal hace posibles las reacciones biológicas que permiten la actividad celular. Constituye, por tanto, uno de los protagonistas principales del mundo biológico. Menos conocido es el hecho de que el ATP, quizá la molécula más producida y consumida del organismo humano, desarrolle también una función totalmente distinta, aunque no menos importante, en el exterior celular. Una larga serie de descubrimientos ha demostrado que el ATP constituye una molécula señalizadora crucial, que permite que células y tejidos de cualquier parte del organismo se comuniquen entre sí. El combustible universal forma también la base de un lenguaje común.

Cuando hace casi 50 años se propuso la función dual del ATP, la idea fue recibida con dosis considerables de escepticismo. Pero durante los últimos 15 años, una avalancha de descubrimientos ha revelado el modo en que opera el ATP sobre las células desde el exterior y el modo en que interviene en el desarrollo y la actividad diaria de órganos y tejidos. Dada la ubicuidad del ATP, sus efectos de señalización ejercen una influencia extraordinariamente amplia sobre las funciones fisiológicas y proporciona una gama extensa de oportunidades para mejorar la salud humana. Hoy en día, laboratorios de todo el mundo compiten por convertir esos conocimientos en terapias.



El ATP (adenosín trifosfato) es el principal transductor energético en los seres vivos.

Adaptado de KHAKH, Baljit S. y Geoffrey BURNSTOCK. "La doble vida del ATP: investigación y ciencia". En <https://www.investigacionyciencia.es/>.

Preguntas resueltas

Pregunta 1

Si una molécula orgánica contiene carbono, hidrógeno y oxígeno en proporciones aproximadas de un átomo de carbono, por dos de hidrógeno y uno de oxígeno se trata de un

A) lípido. B) proteína. C) carbohidrato.
D) ácido nucleico. E) éster.

Resolución

Los glúcidos o carbohidratos responden a la fórmula elemental $Cn(H_2O)n$ (donde "n" es un entero ≥ 3), además pueden sufrir reacciones de esterificación, aminación, reducción, oxidación, lo cual otorga a cada una de las estructuras una propiedad específica, como puede ser de solubilidad.

Clave C

Pregunta 2

Determine cuáles son los azúcares simples que carecen de enlace glucosídico y tienen sabor dulce.

A) polisacáridos
B) monosacáridos
C) disacáridos
D) oligosacáridos
E) aminoácidos

Resolución

Los azúcares más simples son los llamados monosacáridos, los cuales están formados por una sola molécula, tal como la ribosa, fructosa y glucosa, esta última es la principal fuente de energía para los seres humanos; no pueden ser hidrolizados a glúcidos más pequeños.

Clave B

Pregunta 3

Señale cuál es el monosacárido de mayor dulcibilidad, además es secretado por la vesícula seminal.

A) glucosa B) fructosa C) galactosa
D) manosa E) arabinosa

Resolución

La fructosa o levolusa, junto a la glucosa de la molécula sacarosa o azúcar de caña, es un componente disacárido presente en la caña de azúcar y la remolacha, y es un monosacárido del tipo cetohexosa. Su representación se realiza en forma lineal y cíclica, siendo esta última la forma más común que adopta esta sustancia en la naturaleza.

Clave B

Pregunta 4

Indique el monosacárido de menor dulcibilidad, el cual es componente del azúcar de leche.

A) glucosa
B) fructosa
C) galactosa
D) manosa
E) arabinosa

Resolución

La galactosa es un monosacárido de la familia de las hexosas presente en las legumbres, las pectinas el agar y otros muchos alimentos; es uno de los componentes de la lactosa y es el monosacárido de menor dulcibilidad.

Clave C

Lumbreras Editores

Pregunta 5

Respecto a los principios inmediatos de los seres vivos, determine el valor de verdad (V o F) de los siguientes enunciados.

I. La desoxirribosa es el azúcar de los cromosomas procariotas.

II. La maltosa está compuesta por glucosa y fructosa.

III. La ribulosa difosfato fija el CO_2 durante el ciclo de Calvin.

IV. La sacarosa está formada por glucosa y fructuosa.

A) VVVF B) VFVV C) VVVV
D) VVFF E) VFVV

Resolución

I. **Verdadero**
La desoxirribosa es un azúcar derivada de la rubosa que ha perdido un átomo de oxígeno en el carbono 2.

II. **Falso**
La maltosa está compuesta por glucosa y glucosa y permite germinación de tallos.

III. **Verdadero**
La ribulosa difosfato fija el CO_2 durante la fase oscura o ciclo de carbono en la fotosíntesis oxigénica.

IV. **Verdadero**
La sacarosa esta formada por glucosa y fructuosa y es uno de los azúcares más consumidos a nivel mundial.

Clave B

Pregunta 6

La mayoría de lípidos presentan un enlace denominado ..... que permite la unión del glicerol y del ácido graso.

A) éster
B) peptídico
C) glucosídico
D) fosfodiéster
E) puente de hidrogeno

Resolución

El enlace éster se define como el enlace entre un grupo hidroxilo (-OH) del alcohol glicerol y un grupo carboxilo (-COOH) presente en el ácido graso. A este proceso se le denomina esterificación y permiten formar triglicéridos.

Clave A

Pregunta 7

¿Qué lípidos son las principales reservas energéticas de los animales y plantas?

A) céridos
B) esteroides
C) triglicéridos
D) fosfolípidos
E) hopanoides

Resolución

Los triglicéridos son lípidos de reserva en plantas y animales. Su concentración en la sangre aumenta cuando se lleva una vida sedentaria y se excede el consumo de grasas y de carbohidratos, este exceso de calorías es almacenado en forma de triglicéridos en las células de grasa en el organismo. Sin embargo, hay otros factores que pueden elevarlos como enfermedades genéticas y la ingesta de algunos medicamentos como los corticoides.

Clave C

Lumbreras Editores

Pregunta 8

Con respecto a las proteínas, determine la verdad (V o F) de los enunciados y elija la secuencia correcta.

I. Son polímeros de más de 50 aminoácidos.
II. Presentan alto peso molecular.
III. Sus monómeros se unen covalentemente por puentes de hidrógeno.
IV. Su principal función es almacenar la información hereditaria.

A) VFVF B) FVFV C) VVVV
D) VVFF E) FVVV

Resolución

I. **Verdadero**
Son polímeros de más de 50 aminoácidos y forman una gran cantidad de estructuras en el ser vivo.

II. **Verdadero**
Presentan alto peso molecular y se desarrollaban en altas temperaturas.

III. **Falso**
Sus monómeros no se unen covalentemente por puentes de hidrógeno, se unen por enlace peptídico.

IV. **Falso**
Su principal función no es almacenar la información hereditaria, su principal función es estructural.

Clave D

Pregunta 9

La galactosemia es una enfermedad autosómica recesiva caracterizada por la incapacidad de metabolizar la galactosa en glucosa; en consecuencia, ante la ingesta de un disacárido hidrolizado en el intestino, cuya fuente principal en el hombre procede de la leche y derivados; la galactosa y la galactosa 1-fosfato se acumulan en sangre y tejidos.

Determine a qué disacarido hace referencia el enunciado anterior.

A) celobiosa B) almidón C) lactasa
D) amilopectina E) lactosa

Resolución

El disacárido al que hace referencia el enunciado es la lactosa presente en la leche. Los neonatos que presentan galactosemia suelen presentar rechazo al alimento y manifestaciones tóxicas generales durante las primeras semanas de vida, incluyendo vómitos y diarreas, pérdida de peso, ictericia, hepatomegalia y ascitis. Si no se retira dicho disacárido, el síndrome tóxico puede evolucionar durante las primeras semanas y originar complicaciones más graves.

Clave E

Pregunta 10

La talasemia es un trastorno sanguíneo hereditario en el que el cuerpo produce una forma anormal de hemoglobina. La talasemia se hereda, lo que significa que al menos uno de los padres debe ser portador de la enfermedad, la causa se debe a la mutación genética o la eliminación de ciertos fragmentos de genes. De acuerdo el texto anterior, la talasemia es producida por la alteración del ....., lo que conlleva a la alteración en la síntesis de .....

A) ADN - glúcidos.
B) ARN - glúcidos.
C) ADN - proteínas.
D) ARN - proteínas.
E) ADN - ARN.

Resolución

La información genética está almacenada en el ADN, y se expresa mediante la síntesis de proteínas.

Clave C

Lumbreras Editores

Preguntas propuestas

1. Señale el principal combustible celular.

   A) la glucosa
   B) la fructosa
   C) la galactosa
   D) el gliceraldehido
   E) la dihidroxiacetona

2. Dos monosacáridos pueden unirse mediante un enlace ..... y forman un .....

   A) glucosídico - disacárido.
   B) esteárico - monoglicérido.
   C) peptídico - éter.
   D) glucosídico - dipéptido.
   E) fosfodiéster- péptido.

3. Relacione las siguientes moléculas con sus enlaces característicos.

   I. sales
   II. agua
   III. ácidos nucleicos
   IV. lípidos
   V. proteínas terciarias

   a. puentes disulfuro
   b. fosfodiéster
   c. esteárico
   d. covalente polar
   e. iónico

   A) Va, IIIb, IVc, Id, IIe
   B) Ia, IVb, IIIc, IId, Ve
   C) Va, IVb, IIIc, IId, Ie
   D) Va, IIIb, IVc, IId, Ie
   E) Ia, IVb, Vc, IId, IIIe

4. ¿Cómo se denominan los compuestos orgánicos formados por aminoácidos, unidos mediante enlaces covalentes denominados peptídicos?

   A) lípidos
   B) ésteres
   C) proteínas
   D) carbohidratos
   E) ácido nucleicos

5. Con respecto a las proteínas, señale la afirmación incorrecta.

   A) Las queratinas son componentes de los pelos, uñas y garras de los mamíferos.
   B) La actina y la miosina son proteínas contráctiles, y son abundantes en los músculos.
   C) Las hemoglobinas son proteínas sanguíneas que transportan oxígeno.
   D) Las enzimas son los principales biocatalizadores.
   E) La insulina es una hormona presente en el yacón.

6. Los ácidos nucleicos son macromoléculas, muy importantes en la expresión de los genes y están constituidos por unidades denominadas

   A) osas.
   B) codones.
   C) aminoácidos.
   D) nucleósidos.
   E) nucleótidos.

Lumbreras Editores

7. ¿Cuáles son las bases nitrogenadas purinas que se encuentran en los ácidos nucleicos?

A) uracilo y timina
B) citosina y timina
C) uracilo y adenina
D) guanina y timina
E) adenina y guanina

8. Si la secuencia del ADN (TACTATACG) es transcrita, indique la secuencia de la molécula resultante.

A) TACTATACG
B) TAGATATCG
C) AUGAUAUGC
D) ATGATATCG
E) AUGAUAUCG

9. Son biomoléculas inorgánicas que mantienen el equilibrio homeostático en el organismo. Además las bajas concentraciones pueden provocar alteraciones hidroelectrolíticas y la muerte por deshidratación severa. Determine a qué biomoléculas hace referencia el enunciado anterior.

A) galactosa
B) ácidos grasos
C) lípidos
D) péptidos
E) sales minerales

10. En la síntesis de proteínas, la energía proviene principalmente de la hidrólisis del

A) ATP. B) TTP. C) GTP.
D) UTP. E) CTP.

11. En el proceso de síntesis proteica, el codón está ubicado en el ..... y el anticodón en el .....

A) ARN_t - ARN_r.
B) ARN_t - ARN_m.
C) ARN_m - ARN_r.
D) ARN_m - ARN_t.
E) ARN_{hn} - ARN_t.

12. El colágeno es una proteína estructural presente en la piel, para su síntesis es necesaria la participación de la vitamina ....., ya que participa en la hidroxilación de residuos de prolina y lisina. Si no ocurre dicha hidroxilación, no pueden formarse los enlaces hidrógeno indispensables para alcanzar la estructura definitiva del colágeno.

A) A
B) B
C) C
D) D
E) K

13. La queratina, las inmunoglobulinas y la pepsina son proteínas que cumplen funciones, respectivamente,

A) estructural, defensiva y de reserva.
B) de soporte, inmunológica y hormonal.
C) metabólica, humoral y enzimática.
D) estructural, defensiva y enzimática.
E) metabólica, de reserva y transporte.

14. Con lo establecido por Chargaff para las relaciones cuantitativas entre las bases nitrogenadas del ADN, si un organismo presenta un 35% de adenina, se espera encontrar

A) 25% de uracilo.
B) 5% de guanina.
C) 15% de timina.
D) 25% de guanina.
E) 45% de citosina.

Lumbreras Editores

15. La rifampicina es un antibiótico bactericida de amplio espectro, utilizado en conjunto con otros fármacos en el tratamiento contra la tuberculosis: inhibe la síntesis del ARN bacteriano al unirse fuertemente a la subunidad beta del ARN polimerasa dependiente del ADN, evitando la unión de la enzima al ADN y bloqueando así la iniciación de la transcripción del ARN

A) nuclear.
B) ribosómico.
C) heterocrómico.
D) mensajero.
E) transferencial.

16. Entre los carotenoides más importantes se encuentran la xantofila (amarilla), el licopeno (rojo) y el β-caroteno (anaranjado). Este último se considera también un precursor de la vitamina ....., ya que la ruptura de un enlace central del β-caroteno origina dos moléculas de esta vitamina.

A) A B) D C) E
D) K E) B

17. La información hereditaria se encuentra almacenada en los genes, en forma de una secuencia específica de bases nitrogenadas. Cualquier alteración de dicha secuencia se le denomina mutación, los agentes causantes de esta pueden ser los virus, agentes oxidantes (radicales libres) y radiaciones de alta energía. Dicha información genética es traducida a proteínas por el ribosoma que tiene como intermediario al RNA

A) de transferencia.
B) ribosomal.
C) mensajero.
D) nucleolar.
E) nuclear.

18. El cloranfenicol es un antibiótico de amplio espectro altamente efectivo contra la mayoría de bacterias grampositivas y gramnegativas, así como la mayoría de anaerobios (incluyendo anaerobios obligados), por ello cuenta con una alta eficacia en infecciones oculares. Se une a la subunidad 50 S del ribosoma, interfiriendo a la unión de nuevos aminoácidos sobre la cadena naciente del péptido, así inhibe la formación del enlace

A) glucosídico.
B) peptídico.
C) fosfoéster.
D) fosfodiéster.
E) amídico.

19. Los glúcidos están ampliamente distribuidos en los seres vivos, donde cumplen funciones estructurales y metabólicas; sin embargo, existen enfermedades humanas relacionadas con su metabolismo. Respecto al enunciado anterior identifique la enfermedad que no se relaciona.

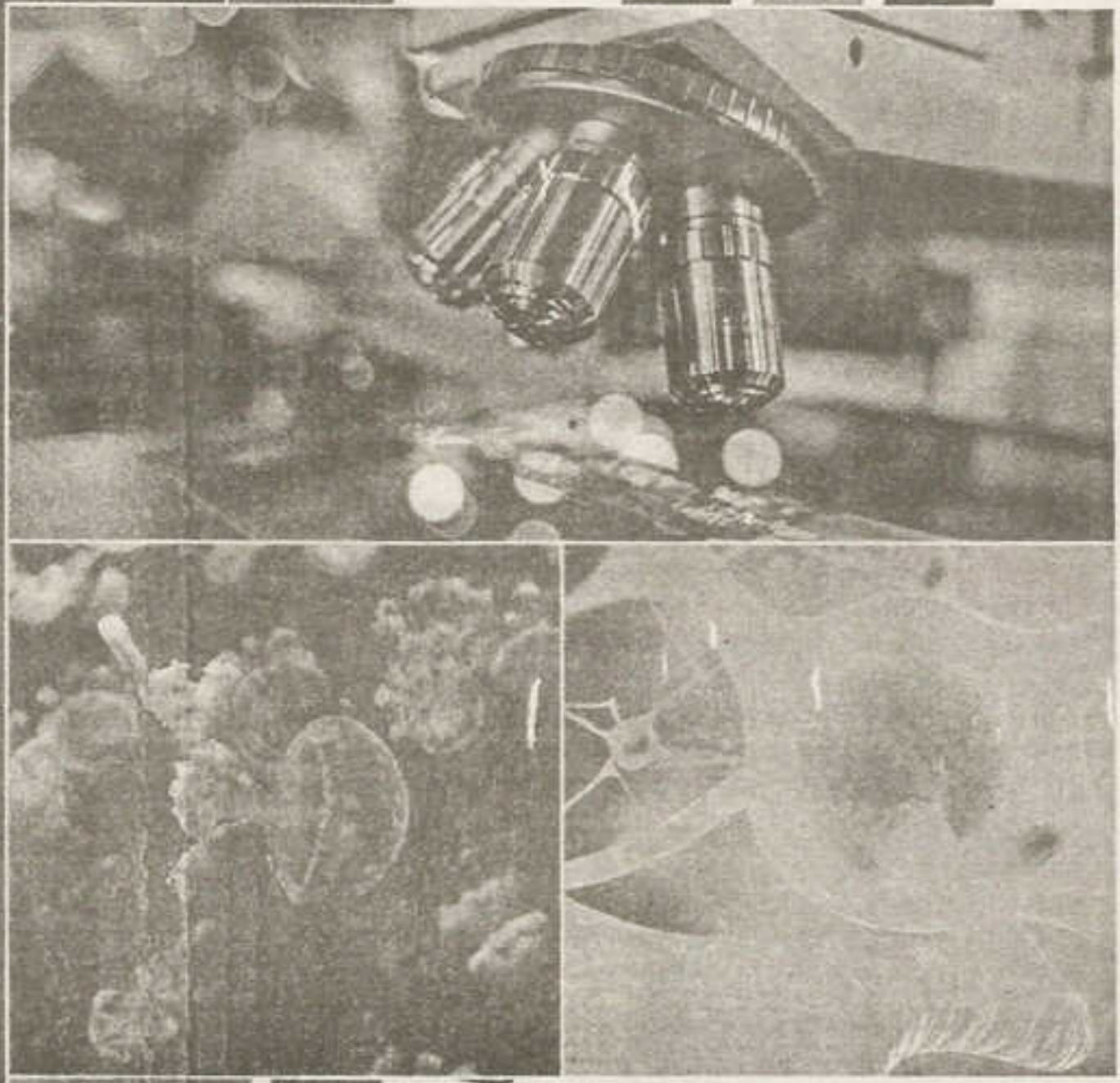
A) galactosemia
B) diabetes *mellitus*
C) intolerancia a la lactosa
D) Tay-Sachs
E) glucogenosis o EAG

Lumbreras Editores
twitter.com/calapenshko

CALA
PNHSK

Unidad

III



Citología

Jhony Huarez De La Cruz
Williams Ricardo López Vega
Roberto Justiniano Vásquez Pinedo

CAPÍTULO V

FUNDAMENTOS DE CITOLOGÍA

Objetivos

- Analizar el desarrollo histórico de la teoría celular.
- Identificar los modelos de la estructura celular de organismos como bacterias, protozoos, plantas y animales.
- Describir los componentes de las células eucarióticas: envoltura, membrana, citoplasma y núcleo.

Introducción

Las células son un testimonio impresionante de la unidad que prima entre todos los seres vivos. Si estudiamos una amplia variedad de organismos, encontraríamos similitudes sorprendentes a nivel celular lo cual refleja su evolución a partir de un ancestro común. Las características que comparten las células ayudan a reconstruir la historia evolutiva de los diversos grupos de organismos y constituyen una prueba fehaciente de que todos tuvieron un origen común.

La célula es la unidad más pequeña que puede llevar a cabo todas las actividades que realiza un ser vivo. Todas las células cuentan con los componentes físicos y químicos necesarios para su mantenimiento, crecimiento y división.

Intercambiar materia y energía con el ambiente y convertir un tipo de energía en otra más conveniente es característico en las células, por ejemplo las células vegetales convierten la energía luminosa en energía química en un proceso denominado fotosíntesis, además, las reacciones químicas que convierten una forma de energía en otra son similar en todas las células, desde las bacterias hasta las células que forman las plantas y animales.

Las células varían considerablemente de tamaño, forma y función. Algunos microorganismos como los protozoos o algas tienen cuerpos de una sola célula, otros organismos como las plantas, animales y el hombre están formado por millones de células.

Toda célula posee una organización específica, una envoltura, una membrana, un citoplasma con diferentes organelas y un material genético que en las células más evolucionadas se localizan en el núcleo celular.

1 ▸ DESARROLLO DE LA TEORÍA CELULAR

La teoría celular es uno de los principales pilares de la biología moderna, ya que plantea que todo ser vivo está constituido por unidades morfológicas, fisiológicas y genéticas denominadas células.

Distintos investigadores, en diversos campos de la ciencia, permitieron el desarrollo de la teoría celular, resaltando a la microscopía como instrumento crucial para el descubrimiento y estudio de las células y los diversos microorganismos que hay en la naturaleza.

El microscopio óptico fue construido por primera vez en 1590 por Frances y Zacharias Janssen, quienes fabricaban anteojos en Holanda. Por su capacidad de ampliación, era de 3x a 9x (de 3 aumentos a 9 aumentos), fue empleado para examinar pulgas y otros insectos.

Galileo Galilei (1564-1642), astrónomo y físico italiano, construyó microscopios casi al mismo tiempo que los Janssen, pero los utilizó para hacer el estudio del ojo compuesto de los insectos.

Marcelo Malpighi (1628-1694) fue uno de los primeros en examinar y describir cortes delgados de tejidos animales del cerebro, hígado, riñón, bazo, pulmones y lengua. En sus últimos años, observó tejidos vegetales, llamando glóbulos o utrículos a las unidades estructurales que los formaban. Con esto logra iniciar el planteamiento de la teoría globular sobre la composición de los seres vivos.

El holandés Anton van Leeuwenhoek (1632-1723) fue uno de los microscopistas más distinguidos; llegó a ser un erudito tallador de lentes, construyó microscopios que le permitieron observar por primera vez células vivas: bacterias (cocos, bacilos, espirilos), protozoarios, espermatozoides del hombre, perro, conejo, rana, peces e insectos. Leeuwenhoek denominó a lo observado *animalículos*, puesto que se movían en el medio.

▸▸ HUÉSPEDES INDESEADOS

A finales del siglo XVII, el microscopista Anton van Leeuwenhoek extrajo material de entre los dientes y lo vio a través del microscopio que había construido él mismo. Para su consternación, vio millones de células que llamó "animalículos (animalúnculo)", organismos unicelulares que ahora se conocen como bacterias. Azorado por la presencia de estas formas de vida en su boca, trató de eliminarlas con vinagre y café caliente, sin mucho éxito. El entorno tibio y húmedo de la boca humana, particularmente en las grietas de los dientes y encías, es un hábitat ideal para una variedad de bacterias. Algunas producen capas gelatinosas con las que estos microbios y otros se adhieren a los dientes. Todas se dividen repetidamente para formar una colonia de desconocidos. Las gruesas capas gelatinosas de las bacterias y glucoproteínas de la saliva forman la sustancia blanca llamada placa, que Leeuwenhoek tomó de sus dientes. Los carbohidratos de comidas y bebidas nutren a las bacterias, que degradan la glucosa en ácido láctico. Los ácidos dañan el esmalte de los dientes y producen grietas diminutas en las que se multiplican aún más las bacterias y, al cabo, producen una caries. Por tanto, aunque Leeuwenhoek no sabía por qué, tenía razón en sentirse preocupado por los "animalículos" de su boca!

AUDESIRK, Teresa. *Biología: la vida en la Tierra.*

A todo el público en general:

El Proyecto Modo Scan+100, nace de una idea del **Team Calapenshko**, el cual es difundir todo aquel texto inédito que no esté circulando en la red.

Nuestro Grupo Calapenshko hace el mejor esfuerzo para digitalizar este libro, y así usted estimado lector pueda obtener la mejor experiencia que toda persona desea al abrir un libro.

Este proyecto llega gracias a las **donaciones que se pudo obtener de 100 personas** comprometidas con el proyecto **MODO SCAN+100**.

Este libro no debe ser prostituito monetariamente, este libro no debe ser coleccionado, este libro debe ser destruido analíticamente, así que te invito a leerlo.

No pagues por este libro de **circulación gratuita**, búscalo en la red.

Atentamente, el **GRUPO CALAPENSHKO**

18 de agosto del 2020

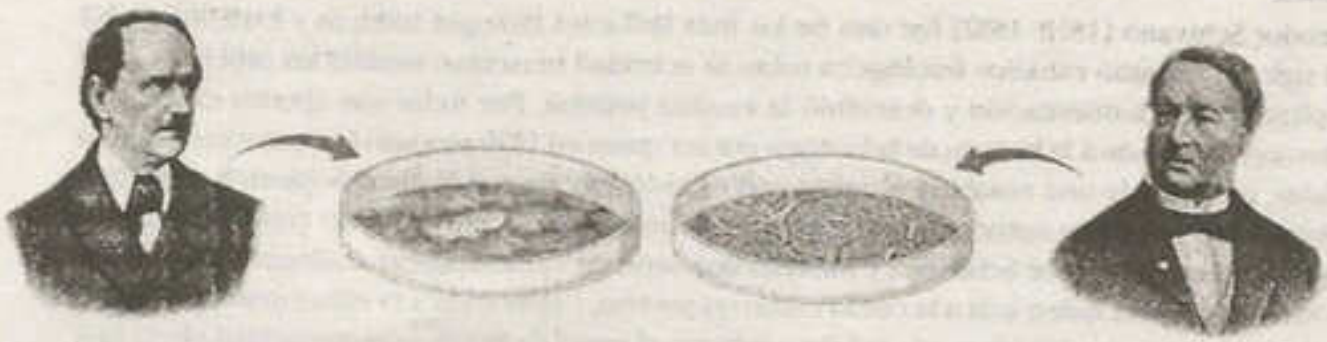
En 1665, Robert Hooke, arquitecto y científico inglés al servicio de la Royal Society de Londres, examinó una laminilla de corcho al microscopio y describió su observación como "todas perforadas y porosas, muy semejantes a un panal". Si bien Hooke denominó a las celdillas como células, del griego *kytos* ('célula'), del latín *cella* ('espacio vacío, cavidad o celda'), hoy sabemos que lo observado por este científico no era más que las paredes celulares de un tejido muerto y que, debido a esta razón, no contenían citoplasma en su interior.

Robert Hooke acuñó el término *célula* para referirse a pequeñas cavidades que observó en una laminilla de corcho. Sus observaciones las condensó en su obra *Micrographia*.

Lorenz Oken, en 1805, concibe a los organismos macroscópicos como constituidos por la fusión de seres primitivos: los infusorios. Estos, según Oken, han perdido su individualidad en favor de una organización superior. Aunque sus consideraciones fueron solo especulativas, igual pudieron preparar el terreno para el nacimiento de la teoría celular, ya que entregaron un marco teórico en la interpretación de las observaciones microscópicas.

Naturalistas franceses, como el botánico Henri J Dutrochet (1776-1847) y el zoólogo Félix Dujardin (1801-1860), esbozaron la teoría celular, asignando a los glóbulos un carácter de unidad estructural y fisiológica de los organismos. Dutrochet denominó "sarcode" a la sustancia que conforma el interior de las células; y en 1831, Robert Brown, identificó el núcleo en células vegetales.

En 1838 y 1839, dos catedráticos alemanes, Matthías Jacob Schleiden (1804-1881) y el zoólogo Theodor Schwann (1810-1882), establecieron generalizaciones basadas en los trabajos de sus predecesores, su planteamiento indicaba que todos los seres vivos están constituidos por células y productos celulares, las plantas y los animales son agrupaciones de células dispuestas conforme a leyes definidas.



Mathias Schleiden y Theodor Schwann suelen ser considerados como aquellos que plantearon la teoría celular. En la micrografía izquierda se observan células de una hoja de Elodea y en la micrografía derecha se observan células del epitelio bucal.

Schleiden consideraba erróneamente que a partir de una masa gelatinosa se organiza primero un nucleolo y alrededor de este el núcleo, al que denominó **citoblasto**; es sobre este último que se forma el citoplasma, cuyo crecimiento es paulatino. En 1838, afirmó que las células vegetales eran independientes, pero que colaboraban como parte integral en las diversas funciones de las plantas superiores. Además, sostuvo que las células se formaban desde el interior de otra existente.

Schwann fue el primero en hablar de metabolismo para referirse a todas las reacciones fisicoquímicas que se realizan en las células. Al estudiar los huesos y cartílagos de los animales, descubrió que la sustancia intercelular estaba formada por la actividad celular, esto significaba que el ser vivo también estaba formado por células y por sus productos.

En 1839, el checoslovaco Johanes E. Purkinge (1787-1869) acuñó el término *protoplasma* para designar todo el contenido de las células.

El patólogo alemán Rudolph Virchow (1821-1902) reconoció la base celular tanto de las enfermedades como de la continuidad de la vida: "Omnis cellula e cellula" o "todas las células se originan a partir de otras células".

Cuando Virchow declaró en 1858 que todas las células derivan de otras preexistentes lo hizo sobre la base de la teoría biogenética de Pasteur, consideraba a la célula como una cadena viva, continua en el tiempo, mediante la cual sería posible entender la vida. De esta manera, se da por sentada la moderna teoría celular.

Los tres principios de la teoría celular moderna que constituyen un precepto fundamental de la biología, se derivan directamente de las afirmaciones de Virchow:

- Todo organismo vivo se compone de una o más células.
- Los organismos vivos más pequeños son células inidividuales y las células son las unidades funcionales de los organismos multicelulares.
- Todas las células nacen de células preexistentes.

La moderna teoría celular considera principalmente cuatro postulados:

- Las células son unidades morfológicas y fisiológicas de todos los organismos vivos.
- Las propiedades de un ser vivo dependen de sus células individuales.
- Las células se originan solo de otras células y su continuidad se mantiene a través de su ADN.
- La unidad más pequeña de vida es la célula.

» Nota

Theodor Schwann (1810-1882) fue uno de los más brillantes biólogos teóricos y experimentales del siglo XIX. Realizó estudios fisiológicos sobre la actividad muscular, estudió los procesos de la respiración y la fermentación y descubrió la enzima pepsina. Por todos sus aportes científicos, Schwann ha pasado a la historia de la biología por ser quien en 1839 propuso formalmente la teoría celular, después de una notable entrevista con el histólogo vegetal Mathias Schleiden. Schwann comparó sus cortes de notocorda y de cartílagos branquiales de un renacuajo con los de tejidos vegetales preparados por Schleiden y observó una serie de características análogas. Recogiendo las ideas de Turpin, quien veía a la célula como un ser vivo, y aplicando a la esfera animal los aportes de Schleiden, concluyó la teoría celular y subrayó el papel de la célula como unidad elemental del organismo vivo.

2▸ Biología celular

Es la ciencia que se encarga del estudio de las células en cuanto a sus propiedades, su estructura y sus funciones.

Los estudios de la biología celular derivan de las disciplinas previas como la citología y la histología.

Los estudios en relación a la biología celular son relativamente recientes y se centran en la idea de que la célula es la unidad fundamental de la vida, por lo tanto, es importante conocer cuáles son sus procesos celulares y cómo se lleva a cabo.

3▸ Definición de célula

La célula es la forma más sencilla de organización biológica. Es considerada la unidad estructural, funcional y hereditaria más pequeña de materia capaz de realizar todas las actividades inherentes a los seres vivos.

4▸ Características

A pesar de su diversidad, todas las células, desde bacterias hasta protistas, hongos, plantas y animales, tienen características comunes como su naturaleza coloidal, tamaño y forma.

4.1. NATURALEZA COLOIDAL

Las células son un sistema coloidal. El coloide es un sistema compuesto por macromoléculas en dispersión y se distinguen dos fases: fase dispersa y fase dispersante.

Las macromoléculas, como proteínas, polisacáridos, ácidos nucleicos y sus asociaciones, constituyen la fase dispersa, se encuentran hidratadas y unidas a moléculas de agua (agua ligada). El agua libre actúa como el medio dispersante; ahí también se encuentran otros componentes en estado de disolución, como iones, moléculas orgánicas simples, vitaminas, péptidos cortos, etc.

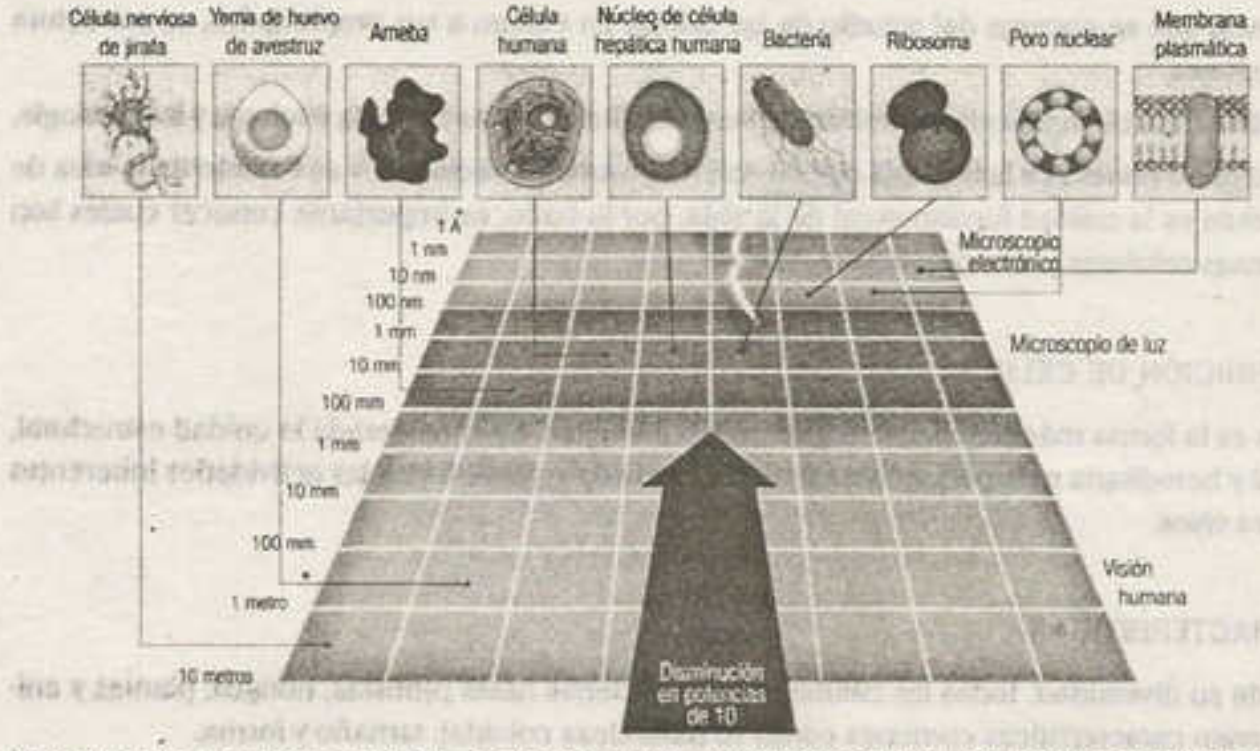
4.2. TAMAÑO

Las funciones de las células limitan su tamaño. Casi todas las células miden entre 1 y 100 micras de diámetro. Podríamos preguntarnos ¿por qué son tan pequeñas las células? La respuesta está vinculado con la necesidad de intercambiar nutrientes y desechos con su medio externo.

Las células más pequeñas son las bacterias; los micoplasmas y micrococos que alcanzan un diámetro hasta de 0,2 µm generalmente son consideradas las bacterias más pequeñas. *Escherichia coli*, bacteria intestinal, mide 3,0 µm. Una célula animal promedio mide unas 15 µm y una célula vegetal promedio mide 40 µm.

Unas cuantas células se observan a simple vista, pues son mayores a la décima parte de un milímetro (100 µm). Las células animales más grandes se encuentran en las yemas de los huevos de las aves; mientras que entre las células vegetales de mayor tamaño se encuentran las traqueidas del *Pinus silvestris* 'pino' y las fibras de esclerénquima de *Urtica urens* 'ortiga'. Las células vegetales más grandes son los tubos laticíferos de las Euforbiáceas de varios metros de largo.

Forma y tamaño de las células

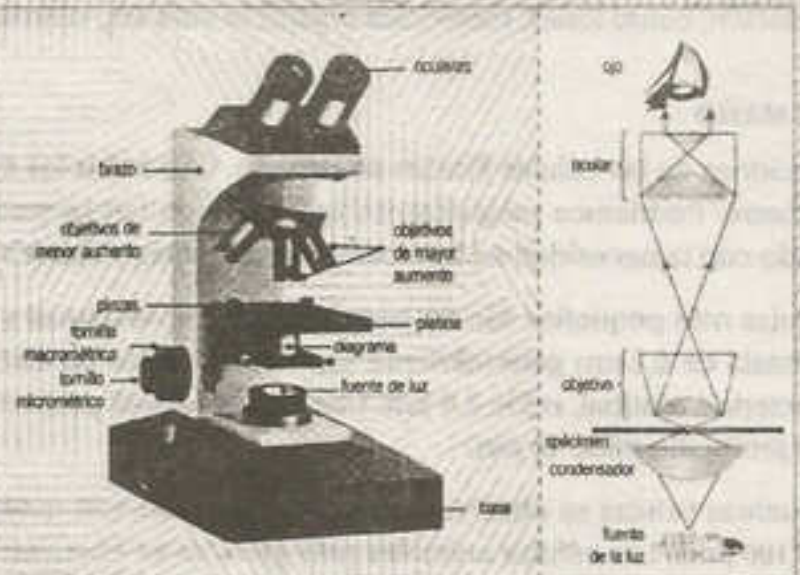


Representación de la escala de medida de células y algunos elementos celulares (note la amplia variedad de formas celulares).

Nota

El microscopio óptico compuesto es el más utilizado por escolares y los estudiantes de los primeros ciclos en la universidad. En este microscopio, la luz visible pasa a través de la muestra que se está observando por medio de los lentes. Estas refractan la luz, ampliando la imagen.

Parte	Función
Base	Da soporte al microscopio.
Brazo	Se usa para transportar el microscopio.
Platina	Plataforma donde se coloca la laminilla con la muestra.
Pinzas	Sujetan la preparación microscópica.
Oculares	Amplía la imagen para el usuario.
Objetivos	Lentes de menor y mayor aumento que amplificarán la muestra.
Tornillo macrométrico	Se usa para enfocar la imagen bajo el objetivo de menor aumento.
Tornillo micrométrico	Tornillo más pequeño que se usa para enfocar la imagen con el objetivo de mayor aumento.
Diafragma	Controla la cantidad de luz que pasa a través de la muestra.
Fuente de luz	Provee luz para observar la muestra.



Fuente: Universidad Autónoma de Sinaloa. *Biología celular.*

4.3. FORMA FUNCIONAL

La forma de la célula depende principalmente de sus adaptaciones funcionales, otros factores son la tensión superficial, su viscosidad, la acción mecánica ejercida por células adyacentes, la rigidez de la membrana celular y la disposición del citoesqueleto (microtúbulos, filamentos intermedios y microfilamentos).

Algunas células suelen tener forma definida como las neuronas, los óvulos, los espermatozoides, las células epiteliales, las células vegetales, etc; otras cambian constantemente de forma al desplazarse, como las amebas y algunos glóbulos blancos.

5› ESTRUCTURA DE LAS CÉLULAS

La gran variedad de células que existen manifiesta diferentes niveles de complejidad. No obstante, todas poseen una masa coloidal llamada citoplasma, rodeada de una capa que las aísla del entorno y a través de la cual se vinculan con el exterior: la membrana citoplasmática. Todas las formas de vida están compuestas por dos tipos diferentes de células: procariotas y eucariotas.

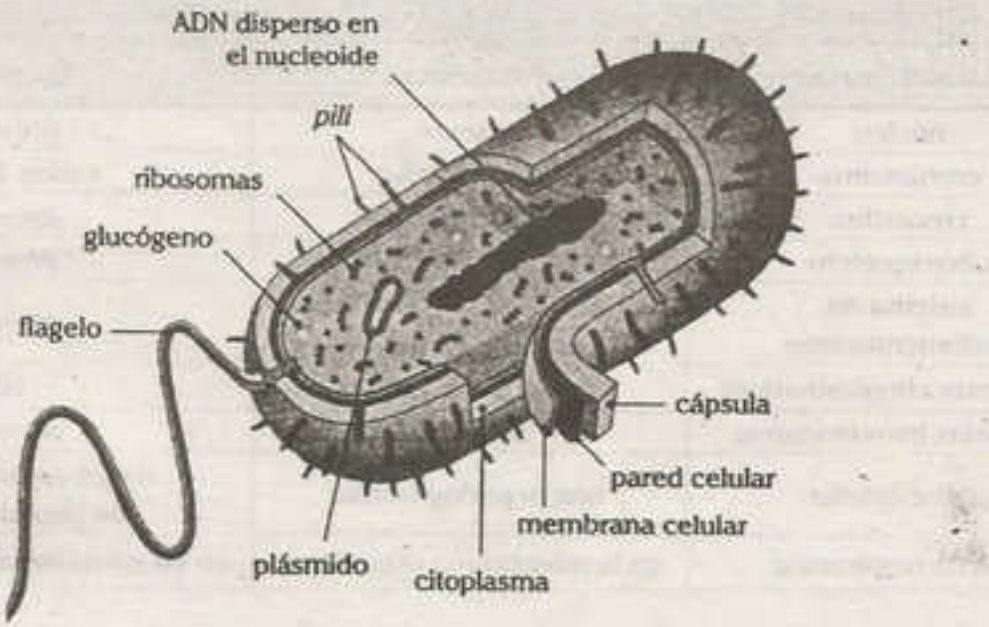
5.1. CÉLULAS PROCARIOTAS

Son células sin núcleo por lo que constituyen la forma más sencilla de organización celular. El citoplasma posee una organización sencilla donde el material genético (ADN) se encuentra disperso, en la mayoría sin asociarse a proteínas histonas (desnudo) y adoptando una forma circular estable.

Las células procariotas poseen organelas sin membrana tales como los ribosomas 70S (bacterias) o ribosomas 55S (arqueobacterias). Carecen de organelas membranosas, sistema de endomembranas y citoesqueleto.

Las bacterias (eubacterias y cianobacterias) y las arqueobacterias son células procariotas.

CÉLULA PROCARIÓTICA

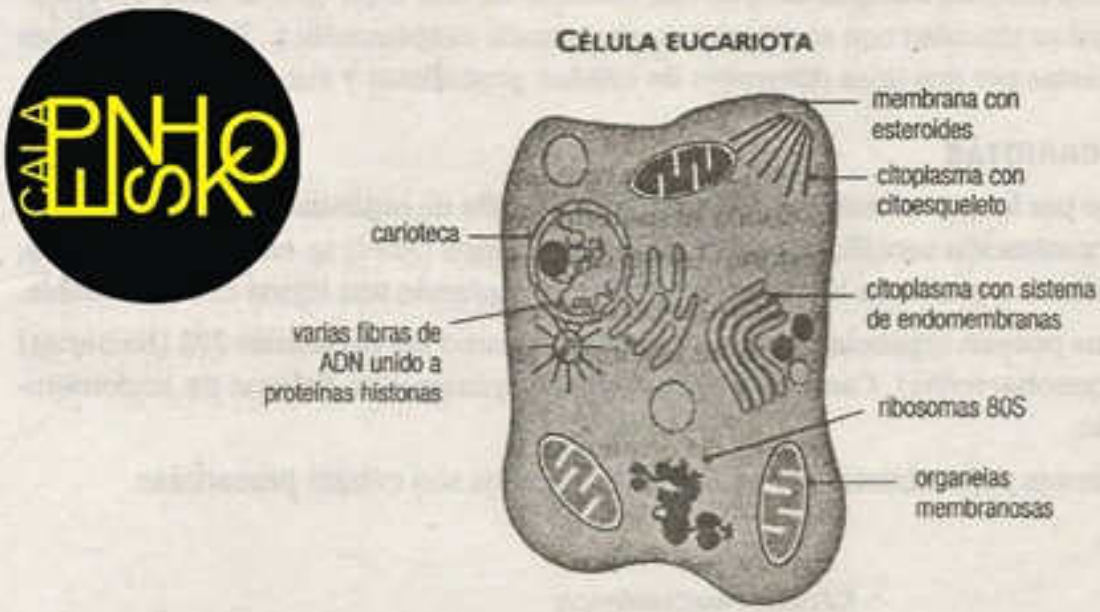


5.2. CÉLULAS EUCARIOTAS

Son células con núcleo definido por membranas, poseen organización más compleja y evolutivamente son más recientes. El citoplasma se ha organizado de tal modo que se ha originado un sistema de membranas que aísla el material genético (ADN) de los componentes citoplasmáticos. En el núcleo, el ADN se encuentra asociado a proteínas histonas, formando la cromatina. La cromatina se encuentra inmersa en el carioplasma delimitado por dos membranas concéntricas que constituyen la carioteca (cario: núcleo y teca: envoltura).

Las células eucariotas poseen organelas, algunas de las cuales tienen membranas independientes (mitocondrias, plastidios, citosomas, etc.), y otras que carecen de membranas, como los ribosomas 80S.

Los protozoos (unicelulares), ciertas algas unicelulares, todas las algas pluricelulares, los hongos, las plantas superiores y los animales están constituidos por células eucariotas.



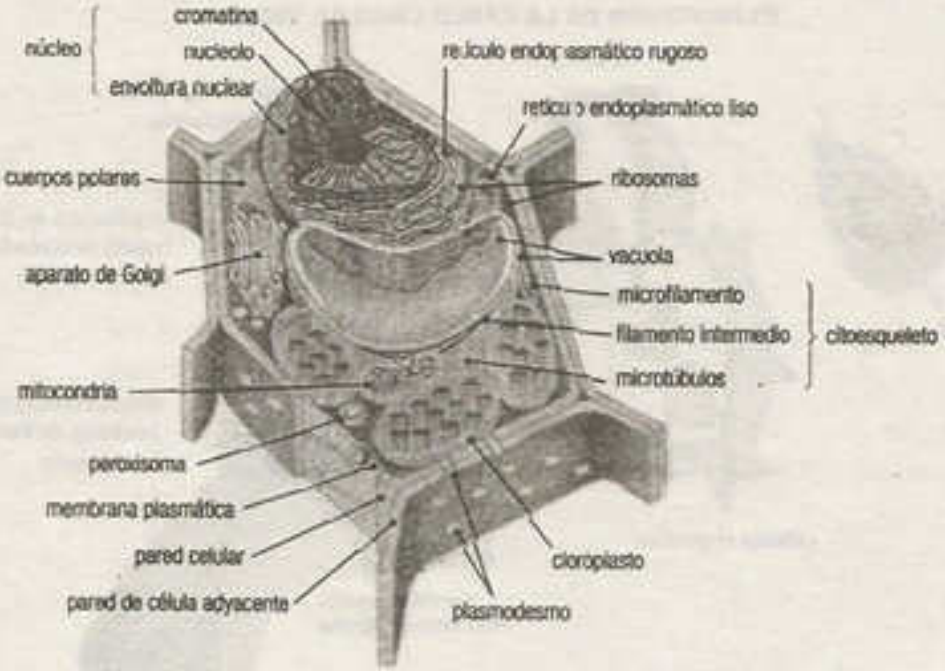
DIFERENCIAS GENERALES ENTRE CÉLULAS PROCARIOTAS Y EUCARIOTAS

Características	Procariotas	Eucariotas
núcleo	ausente	presente
cromosoma	único, circular	varios, lineales
cromatina	ausente	presente
citoesqueleto	ausente	presente
sistema de endomembranas	ausente	presente
ribosomas citoplasmáticos	70S	80S
organelas membranosas	ausentes	presentes
pared celular	con peptidoglucano	si está presente, carece de peptidoglucano
cadena respiratoria	en la membrana plasmática	en las membranas mitocondriales

6▸ Organización de la célula eucariótica

Estas células son más complejas que las procariotas. Su material genético está dentro de un núcleo, rodeado por una envoltura. También poseen diversas organelas limitadas por una membrana. Su tamaño promedio se sitúa entre 10 y 100 µm. Es propia de los organismos pluricelulares y de muchos unicelulares.

Las células vegetales y fúngicas tienen una estructura externa sobre la membrana denominada pared celular.



La célula vegetal se caracteriza por presentar pared celular, plastidios y glioxisomas. Las células de los musgos, hepáticas y helechos presentan centrosoma (centriolos), mientras que las de las plantas con flores carecen de esta estructura.

6.1. PARED CELULAR

La pared celular es una especie de exoesqueleto que le da protección y sostén mecánico a la célula vegetal y determina su forma. Está presente en bacterias, algas, hongos y plantas. Su naturaleza es principalmente glucídica, generalmente gruesa, rígida o flexible y resistente.

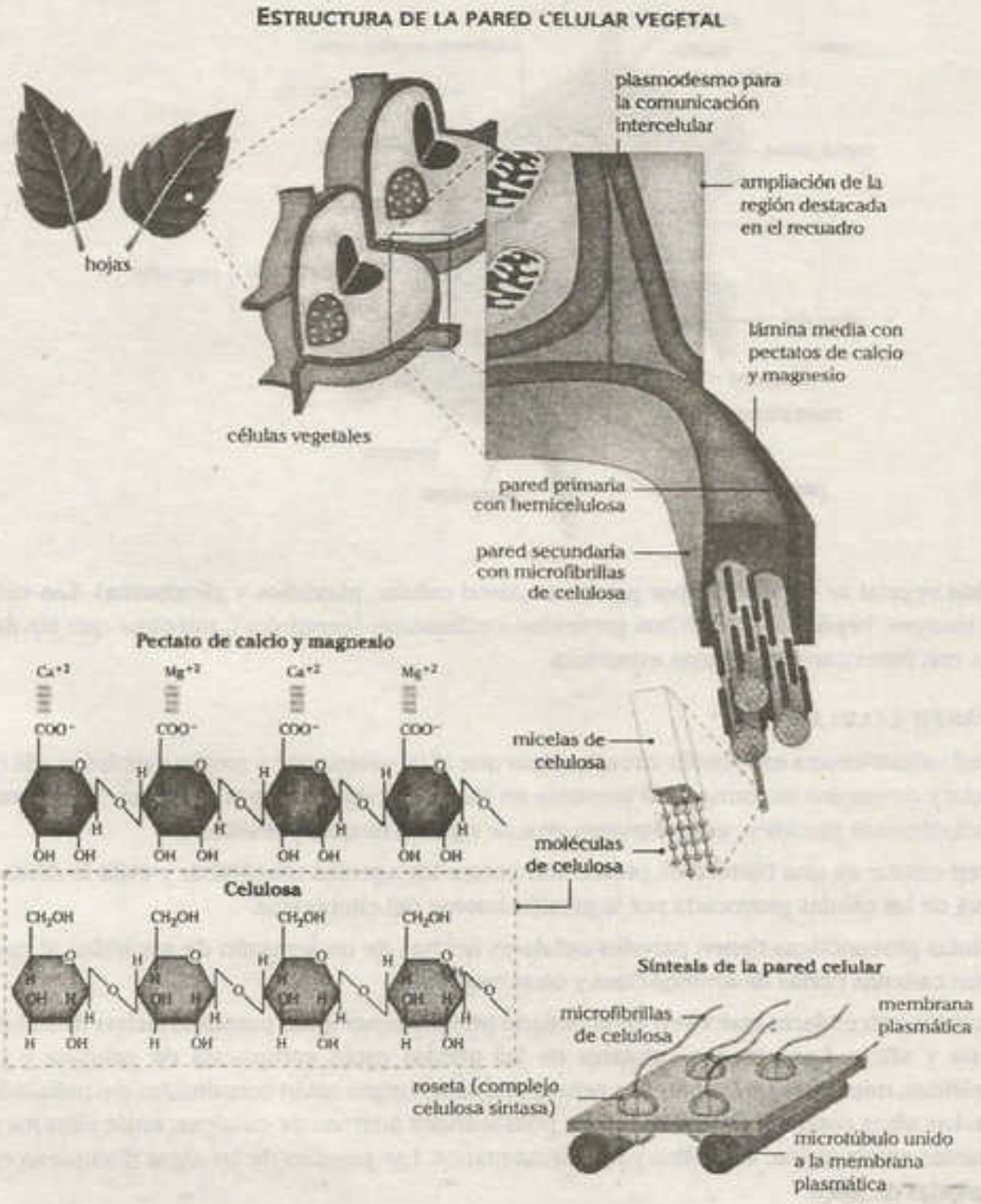
La pared celular es una barrera de protección contra los agentes mecánicos y evita la dilatación excesiva de las células provocada por la presión interna del citoplasma.

Las células procarióticas tienen paredes celulares hechas de un armazón de sacáridos al cual se adhieren cadenas cortas de aminoácidos y otras moléculas.

Los protistas unicelulares que viven en el océano pueden tener estas paredes hechas de celulosa, proteínas y silicio. Las paredes celulares de las plantas están compuesta de celulosa y otros polisacáridos, mientras que las paredes celulares de los hongos están constituidas del polisacárido quitina. Las algas contiene diversos tipos de polisacáridos además de celulosa; entre ellos los más importantes son la algina, la pectina y los carragenanos. Las paredes de las algas diatomeas están impregnadas de sílice.

6.1.1. La pared celular en las plantas

La pared celular ordinaria está formada por uno o dos capas. La delgada capa externa se llama pared primaria, mientras que la capa interna gruesa se denomina pared secundaria. Tanto la pared primaria como la secundaria, por lo general, están formadas en su mayor parte por hemicelulosas y celulosas. La hemicelulosa es un polímero de xilosas (xilano) con ramificaciones de arabinosas, se diferencia de la celulosa porque esta es un polímero de glucosas (glucano). El componente más abundante de la pared primaria es la hemicelulosa y el de la pared secundaria es la celulosa.



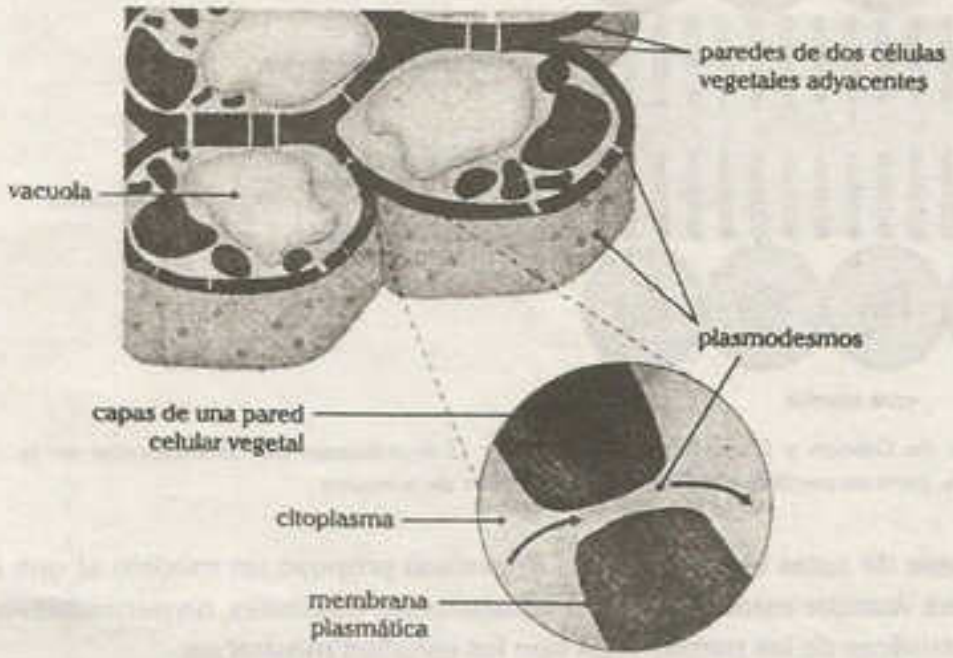
» Nota

Las paredes de muchas células, como las que forman la madera, también contienen lignina (polímero de propanofenol). Cuando se produce la lignina, esta se impregna en la pared secundaria; entonces se considera que la pared se ha lignificado. La lignificación aumenta la firmeza, dureza y resistencia de la pared, provocando la muerte celular. A esta nueva acumulación algunos botánicos la denominan pared terciaria. En otras células vegetales, la pared terciaria puede estar impregnada de suberina, la acumulación de esta hace que las células vegetales mueran y se forme el tejido protector de las plantas denominado el súber, corcho o felema.

Por lo común, las sustancias pécticas forman una capa delgada denominada lámina media, la cual mantiene unidas a las células adyacentes, y no es considerada como parte de la pared celular de ninguna de las dos células. La lámina media que se encuentra entre células jóvenes está compuesta en su mayor parte por pectinas de consistencia semisólida. A medida que las células maduran, gran parte de la pectina (polímero de ácido galacturónico) generalmente es transformada a pectatos de calcio y magnesio, sustancias mucho más duras que mantienen firmemente unidas a las células.

Como las plantas carecen de uniones de membrana especializadas, la mayor parte de las células vegetales adyacentes está conectada entre sí por medio de canales tubulares abiertos conocidos como **plasmodesmos**, que son bandas delgadas cilíndricas de citoplasma que pasan a través de perforaciones de las paredes celulares y tienen un diámetro de unos 30 nm y una longitud de unos 100 nm. Es mediante los plasmodesmos que se difunden moléculas de agua, sales, hormonas y gases, etc.

PLASMODESMOS (CONEXIONES CITOPLASMÁTICAS)



Los plasmodesmos son pequeños conductos en las paredes celulares que permiten el paso de moléculas entre citoplasmas de células vegetales vecinas.

6.2. MEMBRANA CELULAR CITOPLASMÁTICA (PLASMALEMA)

Es una estructura dinámica, fluida, de permabilidad selectiva que rodea al citoplasma. Está constituida principalmente de proteínas y lípidos (fosfolípidos, glucolípidos y esteroides). La membrana permite el flujo constante de sustancias entre el citoplasma y el medio extracelular.

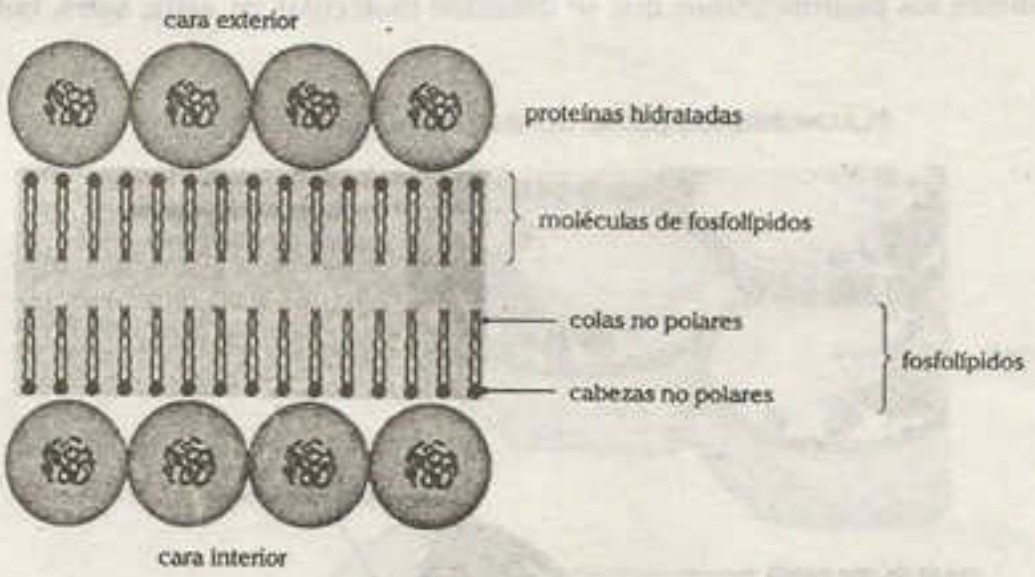
6.2.1. Estructura

Al inicio, las teorías sobre la estructura de la membrana estuvieron basadas en evidencias indirectas; por ejemplo, en 1855, Naegeli denominó membrana plasmática a una capa invisible que envolvería a las células y sería la responsable de los fenómenos osmóticos que observó en células vivas.

En 1902, Overton sostuvo que la membrana estaría compuesta probablemente por una delgada capa de lípidos; llegó a esta conclusion porque las moléculas lipídicas penetran con facilidad a través de la membrana.

En 1925, Gorter y Grendell propusieron la existencia de una bicapa fosfolipídica al observar que la cantidad de fosfolípidos de la membrana de los eritrocitos era suficiente como para formar una doble capa de moléculas sobre toda la superficie de la célula. Estas teorías fueron sostenidas por los estudios en mediciones eléctricas que indicaban una alta impedancia a nivel de la membrana citoplasmática, y por la dificultad que tienen los iones para penetrar la bicapa lipídica. Asimismo se obtuvo información de la presencia de proteínas en la membrana a partir del estudio de la tension superficial de diferentes células.

En 1935, Davson y Danielli postularon que la membrana citoplasmática contenía una bicapa lipídica con proteínas formando capas continuas sobre ambas superficies.

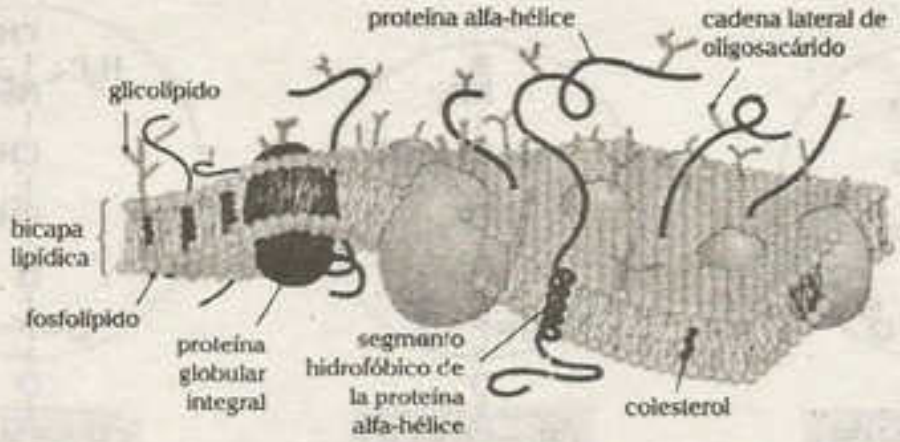


El modelo de Davson y Danielli permite explicar la distribución de las moléculas en la membrana, pero no permite explicar las propiedades de la misma.

En 1960, sobre la base de estas observaciones, Robertson propuso un modelo al que denominó unidad de membrana. Aunque estos modelos resultaban muy originales, no permitían entender las propiedades características de las membranas que los estudios mostraban.

En 1972, Jonathan Singer y Garth Nicholson propusieron el modelo estructural más aceptado de membrana denominada modelo del mosaico fluido.

MODELO DEL MOSAICO FLUIDO



Según el modelo del mosaico fluido, la membrana está constituida por una doble capa de fosfolípidos, en la cual hay proteínas asociadas, además, los lípidos y las proteínas están en movimiento constante.

6.2.2. Composición química

Los componentes de las membranas varían de una célula a otra; sin embargo, todas presentan proteínas y lípidos.

Las proteínas son responsables de la mayoría de propiedades y funciones. Entre los lípidos se distinguen tres grupos: fosfolípidos, glucolípidos y esteroides.

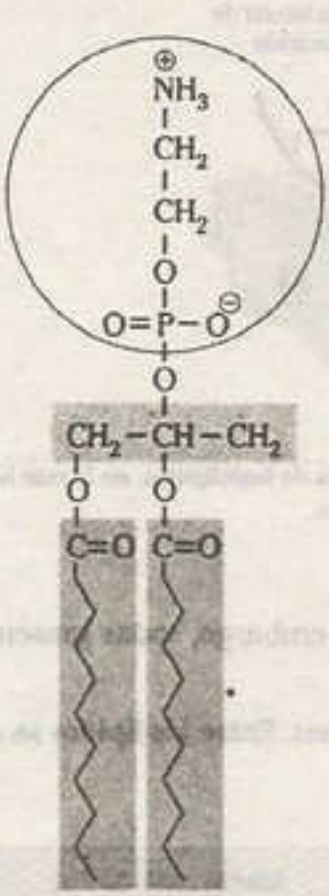
Componente	Mielina	Membrana del eritrocito	Membrana del hígado	Membrana de las mitocondrias del corazón
proteínas	22	60	60	76
lípidos totales	78	40	40	24
fosfolípidos	33	24	26	22
glicolípidos	22	rastros	0	rastros
colesterol	17	9	13	1
otros lípidos	6	7	1	1

a. Lípidos de membrana

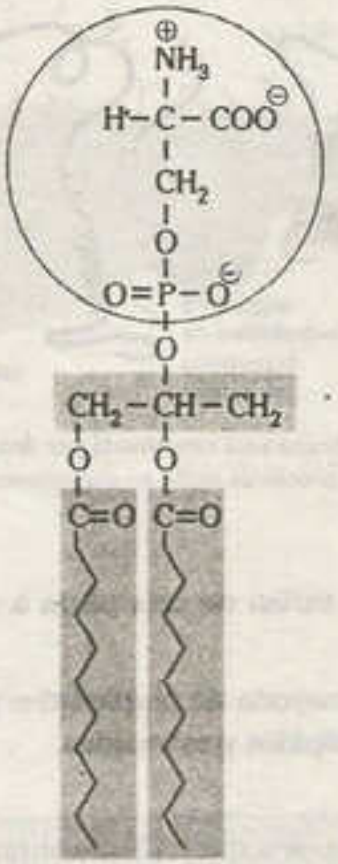
Fosfolípidos

Son moléculas con propiedades anfipáticas que conforman la bicapa lipídica. Por su disposición, determinan la hidrofilia superficial de la membrana e hidrofobia central o media. La cabeza de los fosfolípidos es polar (hidrofílica), mientras que la cola es apolar (hidrofóbica). La parte hidrofílica está hacia la parte externa de la membrana y la cabeza de la otra molécula está hacia la parte interna de la célula, mientras que las parte hidrofóbica (colas: dos ácidos grasos) están en la parte interna de la membrana. Esto genera un sistema semipermeable y diferencial, que permite seleccionar qué iones entran o salen de la célula.

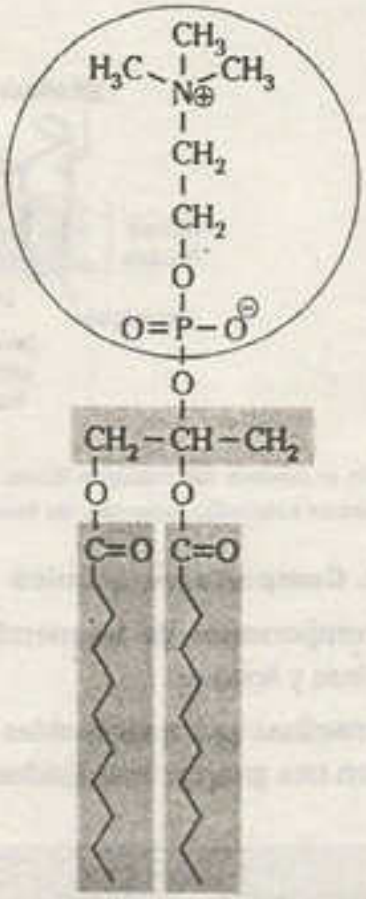
TIPOS DE FOSFOLIPIDOS



Fosfatidiletanolamina, denominada también cefalina



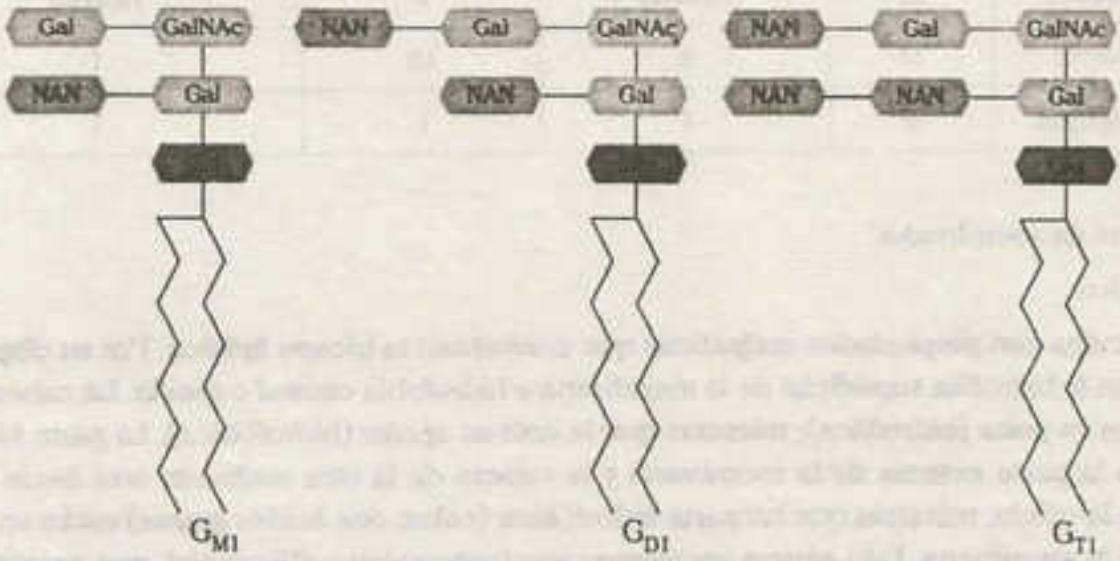
Fosfatidilserina



Fosfatidilcolina, denominada también lecitina. Resulta muy común en las membranas celulares.

Glucolípidos

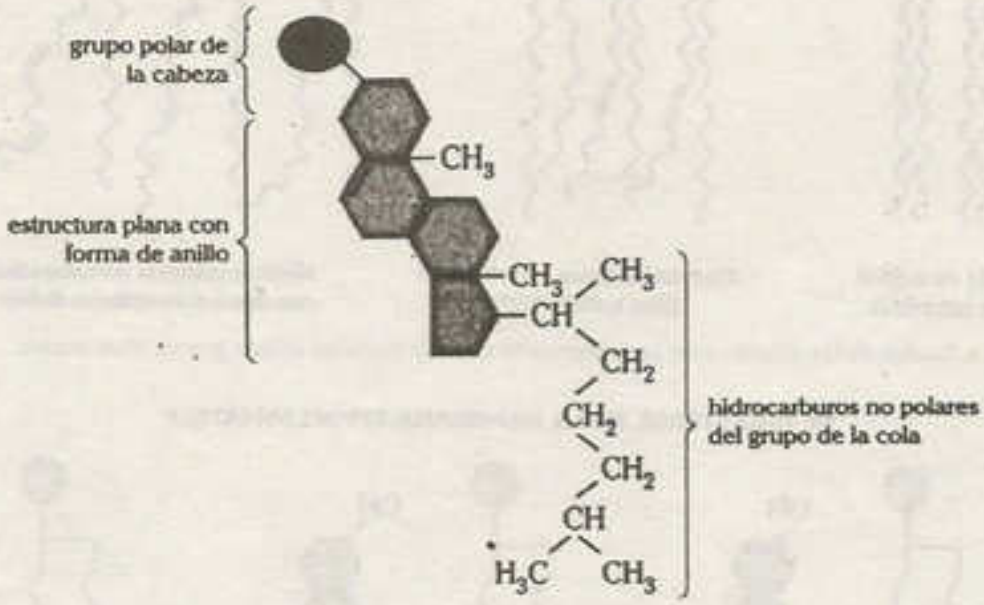
Moléculas anfipáticas que conforman la bicapa lipídica junto a los fosfolípidos.



Estructura molecular de algunos gangliósidos

Esteroides

En las células eucariotas se encuentran esteroides como el colesterol. Al ser una molécula anfipática inmersa en la bicapa, otorga estabilidad frente a los cambios de temperatura a los cuales está expuesta la célula, además disminuye la fluidez en membranas que son abundantes en ácidos grasos insaturados, pero la aumenta en membranas con ácidos grasos saturados.



b. Proteínas de membrana

Integrales o intrínsecas

Son proteínas que están insertadas en la membrana, presentan dominios apolares que se unen con las colas de los fosfolípidos y dominios polares que muchas veces sobresalen de la bicapa fosfolípidica. Estas proteínas tienen orientación asimétrica; así, el extremo aminoterminal (positivo) se encuentra en la monocapa externa y el extremo carboxilo terminal (negativo) en la monocapa interna; ambos funcionan como canales iónicos o transportadores, etc.

Periféricas o extrínsecas

Son proteínas que están en uno de los lados de la membrana, se anclan a una proteína integral o al fosfatidilinositol y funcionan como receptores o enzimas.

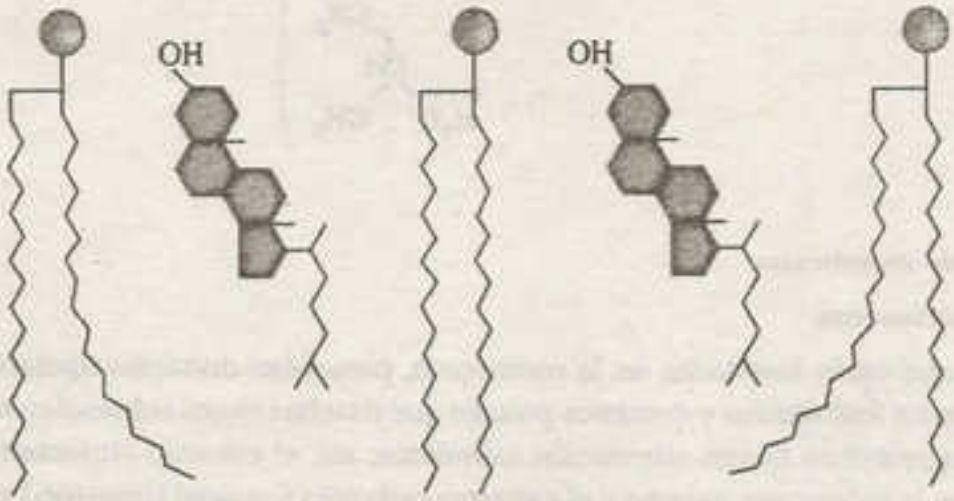
6.2.3. Propiedades generales

- La membrana es fluida, pues las proteínas se hallan hidratadas y pueden movilizarse lateralmente. La fluidez está determinada por la presencia de los ácidos grasos insaturados y los esteroides.
- La cara externa presenta glúcidos asociados a lípidos y proteínas, a diferencia de la cara interna que carece de glúcidos. La disposición de las proteínas es diferente hacia ambas caras, por eso se afirma que la membrana es asimétrica, y adquiere por tanto la configuración de un mosaico.
- La membrana presenta permeabilidad selectiva; es decir, controla el ingreso y la salida de moléculas.

LOS FOSFOLÍPIDOS EN LA MEMBRANA CITOPLASMÁTICA

La fluidez de las membranas se incrementa cuando hay más ácidos grasos insaturados.

EL COLESTEROL EN LA MEMBRANA CITOPLASMÁTICA



La fluidez de la membrana está relacionada con la presencia de esteroides. El colesterol disminuye la fluidez en la membrana con ácidos grasos insaturados.

6.2.4. Funciones de la membrana

Todas las células están rodeadas por una membrana que aisle el contenido de la célula y permiten la comunicación con el entorno. Las membranas celulares cumplen varias funciones cruciales:

- Aislan selectivamente el contenido de la célula del medio externo, permitiendo que a través de la membrana se produzcan gradientes de concentración de sustancias disueltas.
- Regulan el intercambio de sustancias esenciales entre la célula y el fluido extracelular permitiendo la permeabilidad selectiva.
- Permite la comunicación con otras células.
- Permite las uniones en el interior de las células y entre ellas.
- Se relaciona con la captación de hormonas y neurotransmisores mediante receptores de membrana.
- Regulan muchas reacciones bioquímicas.

» Nota

Procesos metabólicos de algunas membranas

- Transporte de electrones
  En las células bacterianas, se encuentran proteínas que realizan óxido-reducción, captan electrones y liberan electrones secuencialmente en dirección al oxígeno (en las aeróbicas) o a un metal (en las anaeróbicas).
- Fosforilación oxidativa
  En las células bacterianas, la membrana plasmática posee partículas F (ATP sintetasas). En estas se realiza la fosforilación oxidativa y se forma ATP a partir de ADP y Pi.
- Fijación de nitrógeno atmosférico
  En un grupo de bacterias, denominadas fijadoras de nitrógeno, la membrana presenta enzimas que permiten asimilar el nitrógeno atmosférico (N_2).

6.2.5. Formación de las membranas

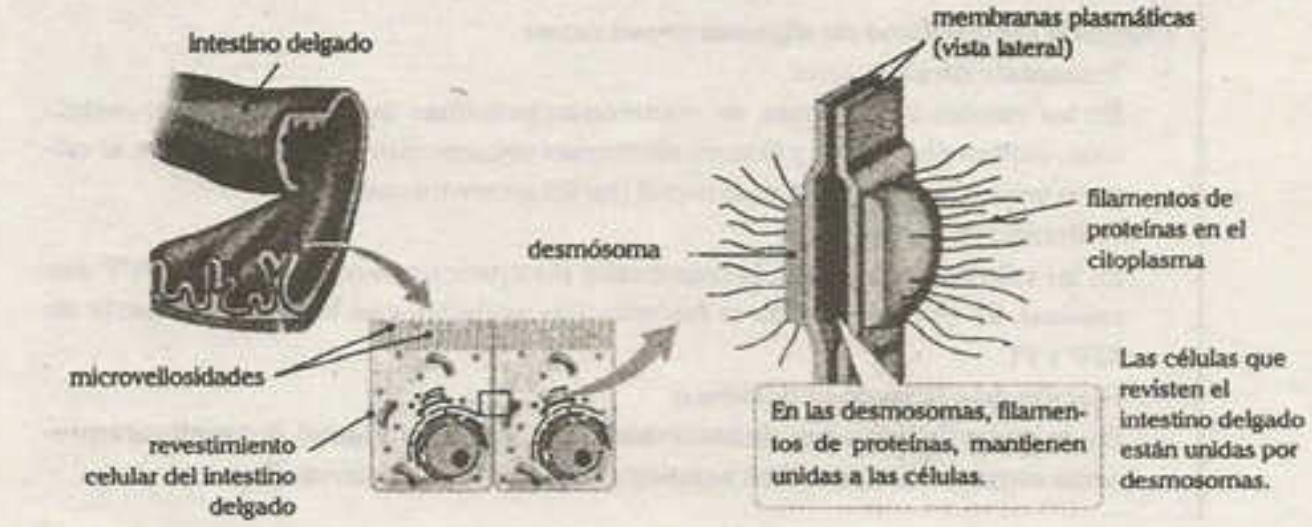
Todos los componentes de las membranas celulares son sintetizados en el citoplasma, principalmente en el retículo endoplasmático. Los fosfolípidos son elaborados en el retículo liso y las proteínas en el retículo rugoso. El aparato de Golgi forma vesículas secretoras, que se fusionan a la membrana plasmática preexistente, renovándola.

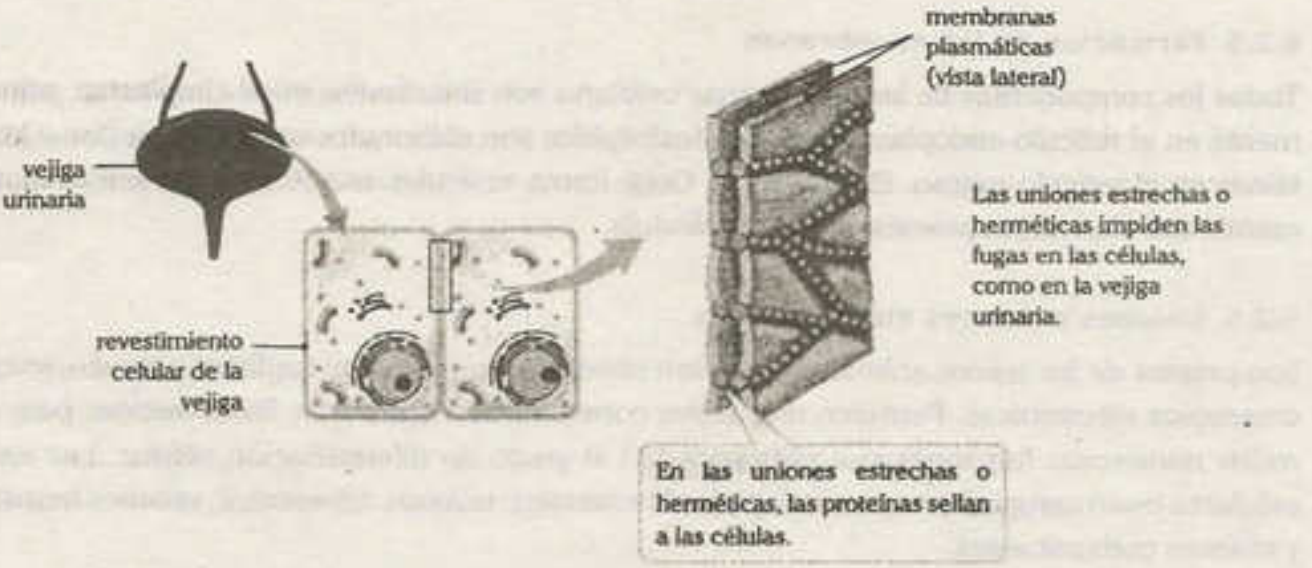
6.2.6. Uniones celulares membranosas

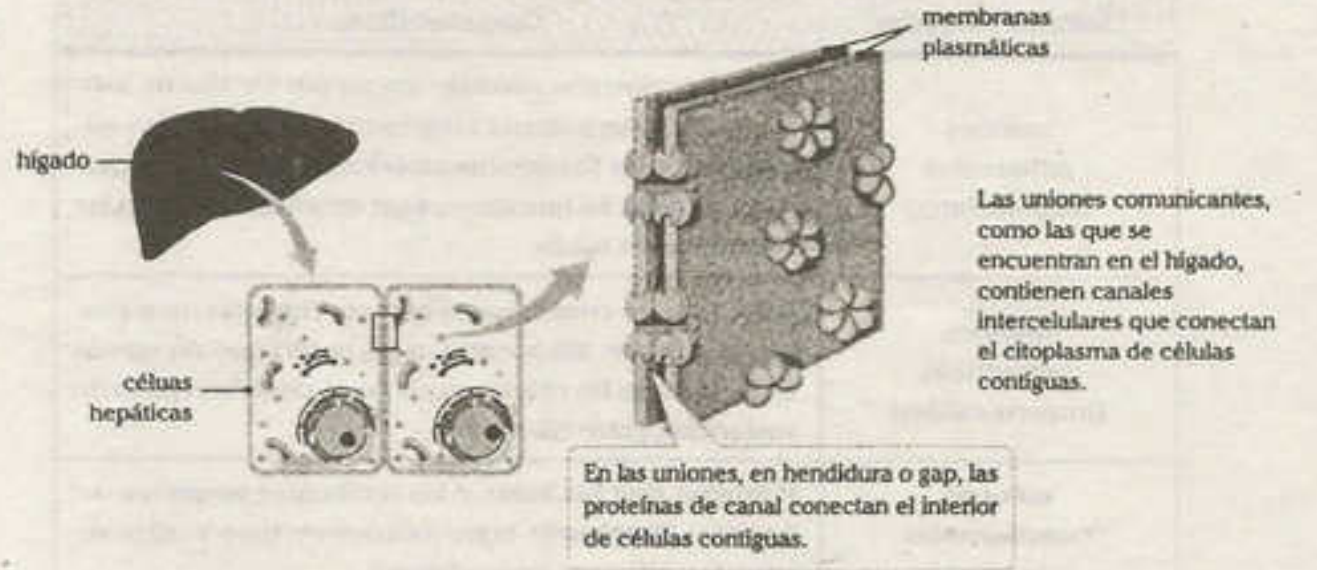
Son propias de los tejidos animales y pueden observarse con mucha facilidad a través de los microscopios electrónicos. Permiten una activa comunicación entre las células vecinas para desarrollar numerosas funciones que corresponden al grado de diferenciación celular. Las uniones celulares están agrupadas en tres categorías funcionales: uniones adherentes, uniones herméticas y uniones comunicantes.

Uniones celulares	Características
uniones adherentes (desmosoma)	Cada desmosoma consiste en un par de discos asociados a la membrana citoplasmática de células adyacentes, más filamentos proteicos intercelulares que los conectan. Su función es ligar mecánicamente a las células de un tejido.
uniones herméticas (impermeables)	Son áreas de conecciones íntimas entre las membranas de células adyacentes, a tal punto que no queda espacio entre las células y que no es posible el paso de sustancias entre ellas.
uniones comunicantes (nexus)	Permiten que los iones y las moléculas pequeñas se muevan libremente entre células vecinas y además entre los espacios intercelulares.

TIPOS DE UNIONES CELULARES







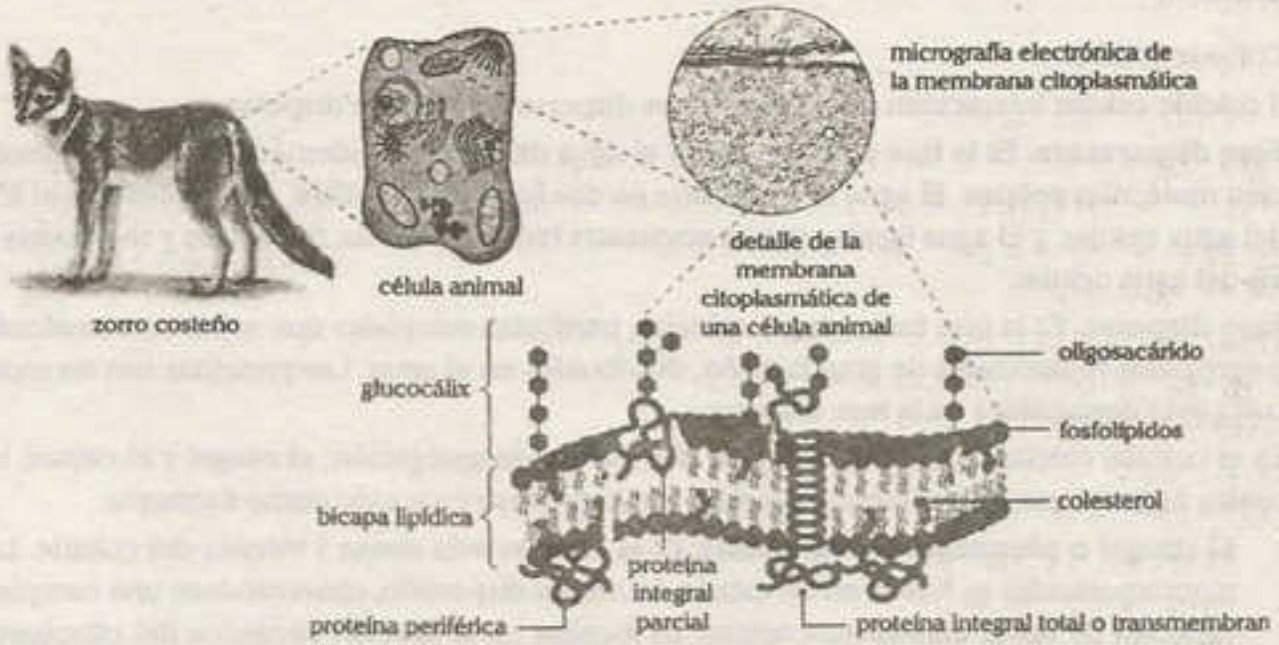
6.2.7. Glucocálix

Región glucídica de la membrana de protozoos y animales, compuesta principalmente de cadenas cortas de azúcares (oligosacáridos) y cadenas peptídicas cortas.

La mayor parte de los componentes moleculares cuenta con una carga eléctrica relativa, la cual permite que se asocien con iones de cargas opuestas.

Las funciones del glucocálix han sido estudiadas en las células animales, en estas se ha demostrado su participación en las siguientes actividades:

- Proporciona la carga eléctrica relativa que cada célula posee.
- Adhesión entre células para la conformación de tejidos.
- Reconocimiento celular durante las reacciones inmunitarias; en este caso, el glucocálix constituye los elementos moleculares de la histocompatibilidad (HLA) y antígenos del grupo sanguíneo.



Los oligosacáridos de membrana forman parte del glucocálix en los protozoarios y animales, esto indica una relación evolutiva muy estrecha entre estos organismos.

Nota

Para que funcione de forma adecuada, las membranas celulares deben mantener la mejor fluidez. Así como la mantequilla se funde en la sartén y el aceite se solidifica en el congelador, la fluidez de la membrana celular es sensible a los cambios de la temperatura. Muchos organismos, incluidos los protistas, bacterias, plantas, animales de "sangre fría" (ranas, peces y serpientes) y mamíferos que hibernan, sufren grandes fluctuaciones de temperatura corporal. Las cantidades relativas de colas de ácidos grasos saturados e insaturados en los fosfolípidos de la membrana afectan la fluidez de esta. Las células pueden modificar la composición de su membrana para mantener la fluidez a diferentes temperaturas. A mayores temperaturas, se insertan fosfolípidos con más ácidos grasos saturados, mientras que con temperaturas más bajas se agregan ácidos grasos insaturados. Algunos mamíferos hibernantes de sangre caliente tienen adaptaciones parecidas.

6.3. EL CITOPLASMA

Es la parte fundamental de la célula, región situada entre el núcleo y la membrana celular.

En general, el citoplasma de los eucariontes presenta los siguientes componentes: matriz, sistema de endomembranas, organelas membranosas, organelas no membranosas e inclusiones.

6.3.1. La matriz citoplasmática

Está constituida por el coloide celular y el citoesqueleto. El coloide es viscoso porque tiene un gran número y variedad de moléculas grandes y pequeñas

Las moléculas más pequeñas, como las sales, están en disolución acuosa; en cambio las grandes, como las proteínas, están dispersas en el líquido.

Las proteínas de la matriz poseen un alto grado de asociación, lo que permite la formación de filamentos muy delgados y túbulos en todo el citoplasma, esto constituye el esqueleto celular o citoesqueleto.

a. Coloide celular

En el coloide celular interactúan dos fases: la fase dispersante y la fase dispersa.

- **Fase dispersante.** Es la fase constituida por el agua de la célula, además mantiene en disolución moléculas polares. El agua se encuentra en dos formas: agua libre, que representa el 95% del agua celular, y el agua ligada, que se encuentra hidratando a las moléculas y representa el 5% del agua celular.
- **Fase dispersa.** Es la fase formada por micelas, partículas coloidales que son macromoléculas o agregados moleculares de gran tamaño, distribuidas en el agua. Las proteínas son las moléculas más destacables de la fase dispersa.

  En el coloide celular es posible distinguir dos formas de agregación: el citogel y el citosol, los cuales están en constante interconvensión, en un proceso conocido como tixotropía.

  - **El citogel o plasmagel (ectoplasma).** Es la porción más densa y viscosa del coloide. Las macromoléculas se hallan en un estado de menor dispersión, observándose una compleja variedad de redes ultramicroscópicas. Se localiza en la porción periférica del citoplasma además de encontrarse vinculado a los fenómenos de comunicación intercelular y el movimiento citoplasmático.
  - **El citosol o plasmasol (endoplasma).** Es la porción diluida del coloide, con un nivel más simple de agregación, que se localiza hacia el interior celular, contiene una menor concentración de macromoléculas. En el citosol se lleva a cabo la mayor parte de reacciones metabólicas, favorecidas por la abundancia de agua.
- **Propiedades del coloide celular.** Al igual que todos los coloides, presenta propiedades como la tixotropía, movimiento browniano y el efecto Tyndall.

> **Observación**
>
> La tixotropía puede acentuarse debido a estímulos captados por la membrana celular o cambios en las propiedades fisicoquímicas del fluido coloidal, provocando modificaciones en el estado de agregación molecular de la matriz; el citogel disminuye su viscosidad, adquiriendo una consistencia de citosol y en sentido inverso ocurre con el citosol que se transforma en citogel.

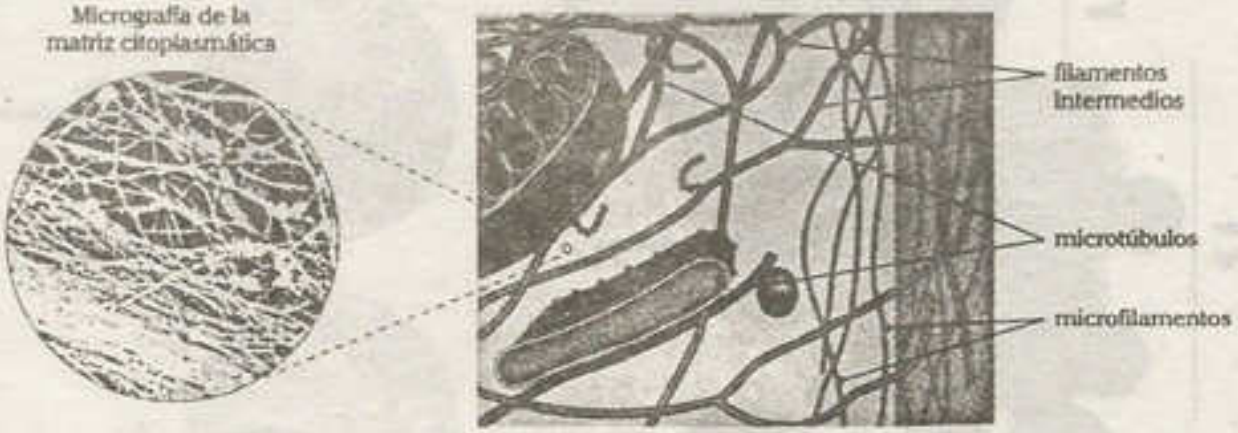
b. El citoesqueleto

Está formado por tres tipos compuestos proteicos: microtúbulos, filamentos intermedios y microfilamentos. Constituye un mayor nivel de organización de los componentes de la matriz citoplasmática en el cual ciertas proteínas específicas, las tubulinas, se agregan en cuerpos de forma cilíndrica, mientras otras como los actinas, miosinas, actininas, dan origen a filamentos de diverso calibre.

COMPONENTES DEL CITOESQUELETO

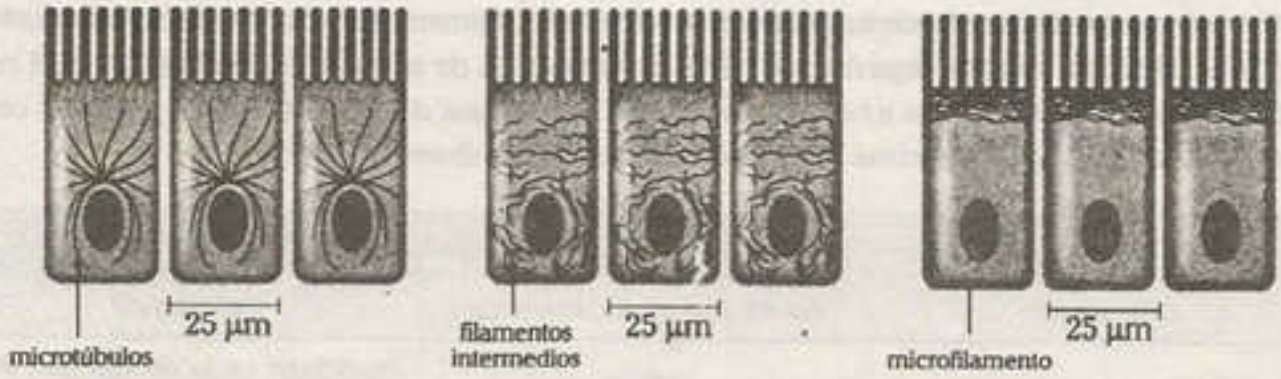
Estructura	Tipo de proteína y estructura	Funciones
Microfilamentos Cadenas dobles de proteínas enrolladas; diámetro de alrededor de 7 nm.	Actina	Participan en la contracción de los músculos, permiten cambiar la forma de la célula y facilitan la división del citoplasma en las células animales.
Filamentos intermedios Unidades helicoidales enrolladas una alrededor de otra y unidas en grupos de cuatro, los cuales pueden enrollarse aún más.	Las proteínas varían según la función y tipo de célula	Dan un marco de soporte dentro de la célula, sostienen a las organelas en el citoplasma y permite la unión de las células.
Microtúbulos Tubos consistentes en espirales	Tubulina	Participan en el movimiento de los cromosomas durante la división celular, forman los centriolos y son componentes importantes de los cilios y los flagelos.

MODELO DE CITOESQUELETO



La matriz citoplásmica posee un citoesqueleto organizado en microtúbulos y microfilamentos, que se distribuyen en todas las células eucariotas. En el gráfico anterior, observe la micrografía electrónica y el esquema de interpretación a la derecha.

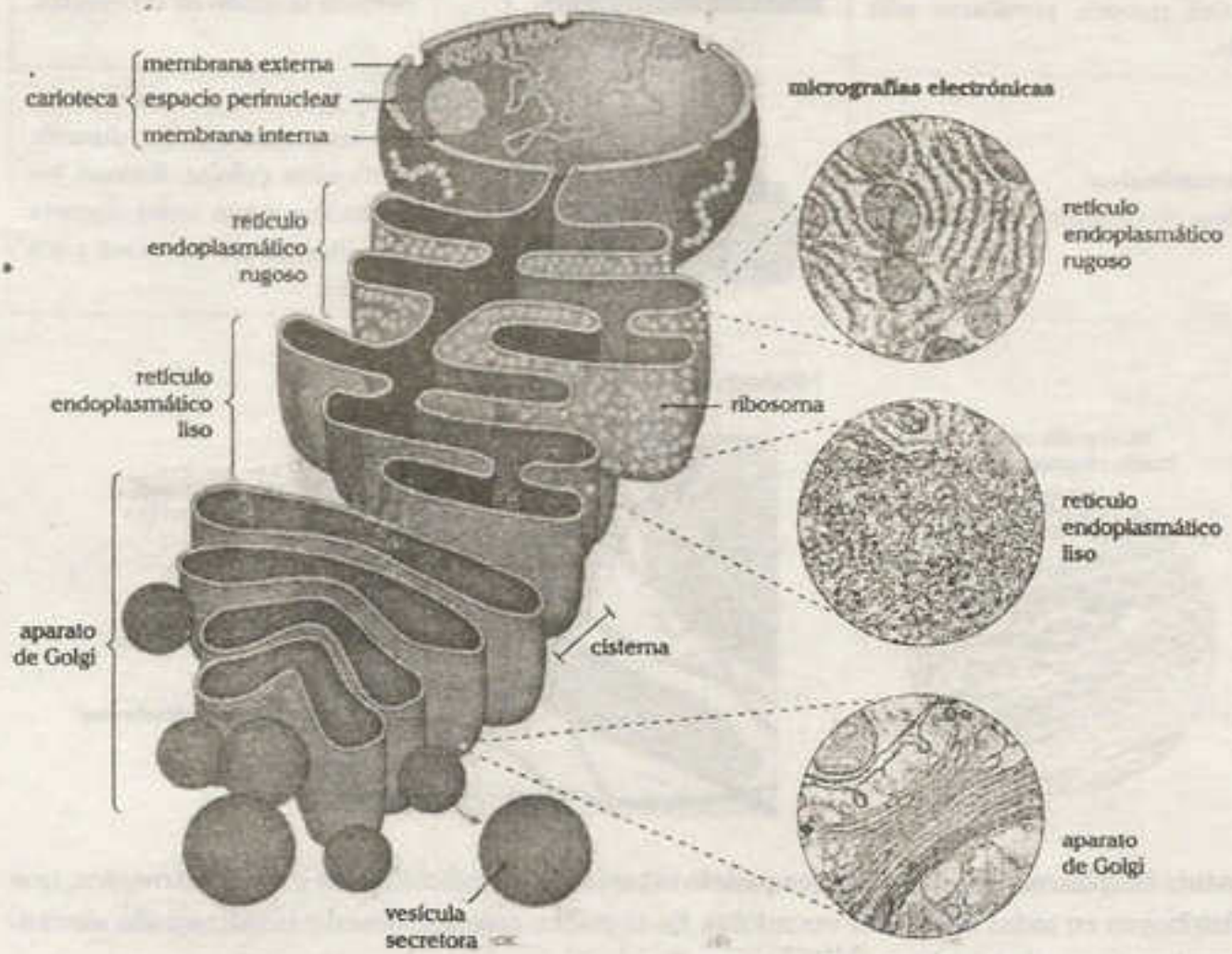
DISTRIBUCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL CITOESQUELETO EN LAS CÉLULAS DEL EPITELIO INTESTINAL



6.3.2. El sistema de endomembranas

En el citoplasma de las células eucarióticas, se encuentra un complejo sistema de membranas que forman compartimientos cerrados discontinuos y continuos. Nos referimos al sistema de endomembranas, y desde el punto de vista estructural y funcional, se distinguen tres porciones en el sistema de endomembranas: la carioteca, el retículo endoplasmático y el aparato de Golgi.

MODELO DE SISTEMA DE ENDOMEMBRANAS



Las membranas que constituyen este sistema son semejantes, en estructura y composición, a la membrana citoplasmática, con la cual también existe continuidad.

Algunas observaciones efectuadas con el microscopio electrónico en células en proceso de diferenciación, sugieren que el sistema de endomembranas podría desarrollarse por evaginación de la envoltura nuclear; sin embargo, en la división celular, la envoltura nuclear es reformada a partir de vesículas que se dispersaron en las primeras etapas de la división. Las membranas se originan de forma continua, conforme se van sintetizando las moléculas que las componen.

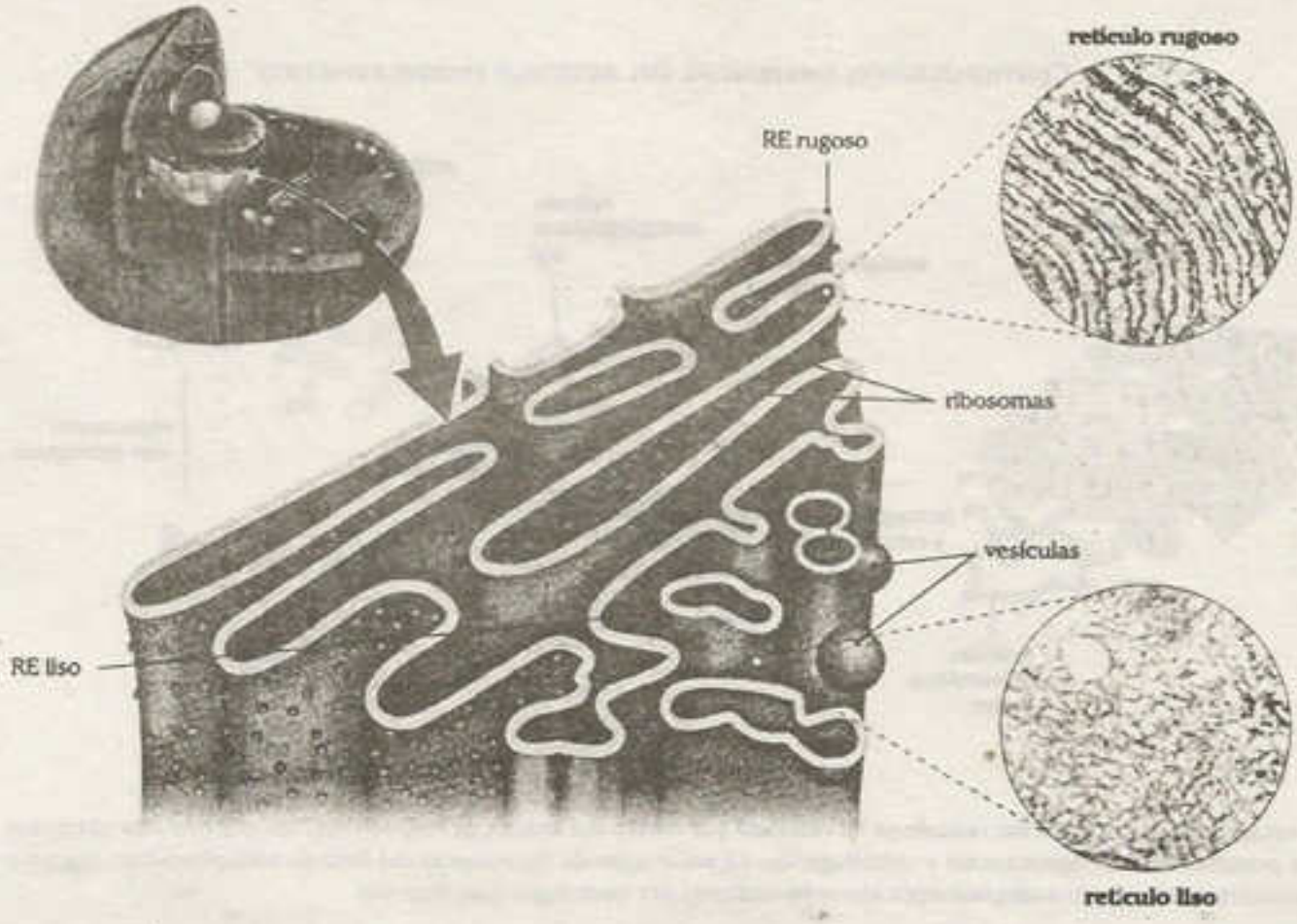
a. Carioteca

Consiste en dos membranas concéntricas, que separan el contenido nuclear respecto del citoplasma circundante. Estas dos membranas guardan entre sí una distancia aproximada de 20 a 40 nm y se fusionan a intervalos en los llamados poros nucleares. Estos poros están recubiertos de proteínas que garantizan su estabilidad estructural.

b. Retículo endoplasmático (R.E.)

Es una compleja red de espacios membranosos de forma tubular interconectados entre sí y distribuidos heterogéneamente en la matriz citoplasmática.

Morfológicamente, se distinguen dos regiones: retículo endoplasmático rugoso y liso, cada una con funciones relativamente delimitadas.



Retículo endoplasmático rugoso o granular (R.E.R.)

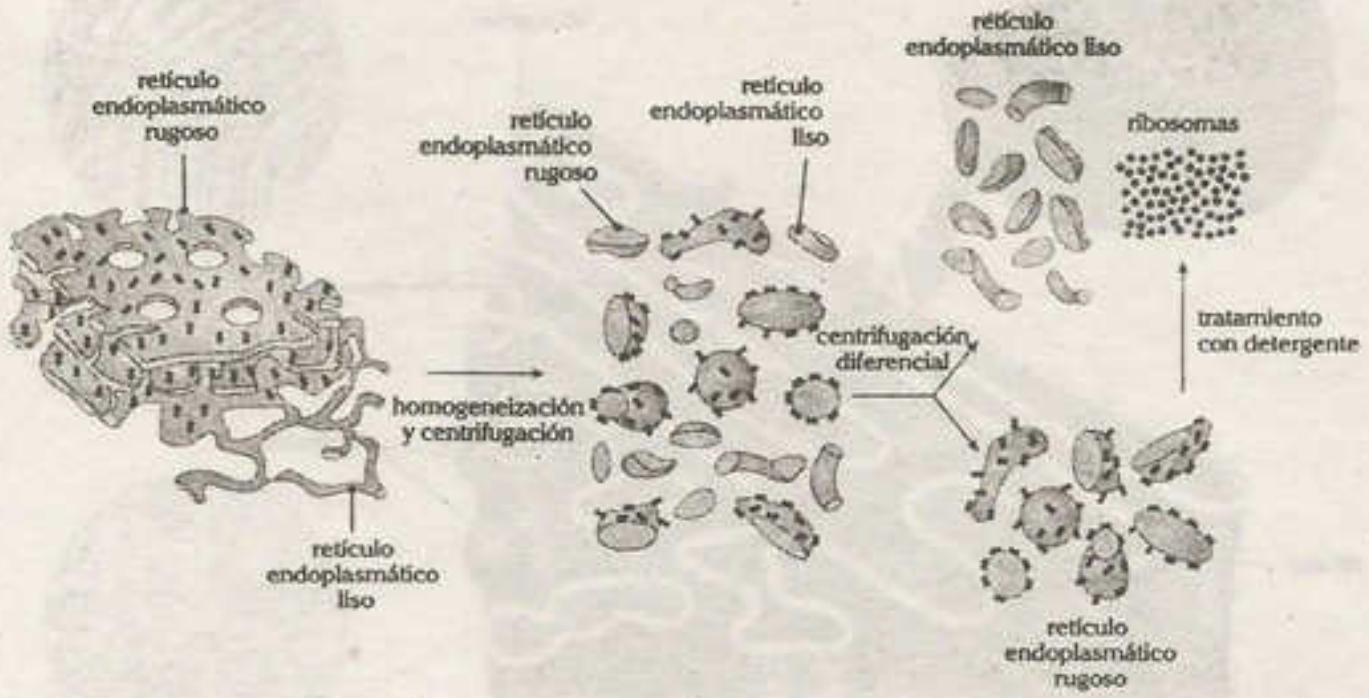
Los ribosomas del retículo endoplasmático rugoso están insertadas en la superficie externa del retículo por las proteínas denominadas riboforinas. Estos ribosomas son centros de síntesis de proteínas exportables como la insulina (hormona) o de proteínas que formarán parte de la membrana. El retículo endoplasmático rugoso también da inicio a la glucosilación de proteínas, es decir, se forman glucoproteínas, agregando azúcares como manosas y N-acetilglucosaminas a cadenas polipeptídicas; por ejemplo, para la síntesis de anticuerpos, glucoproteínas del plasma sanguíneo, mucina, etc.

Retículo endoplasmático liso o agranular (R.E.L.)

Carece de ribosomas y está especializado en diferentes actividades según la célula en la que se encuentre. En algunas células, el retículo endoplasmático liso elabora grandes cantidades de lípidos como las hormonas esteroideas que se sintetizan a partir del colesterol; por ejemplo, las hormonas sexuales son formadas por el retículo liso en las gónadas de los mamíferos. El retículo liso de las células hepáticas (hepatocitos) participa en los procesos de detoxificación celular, siendo el lugar donde son metabolizadas una gran cantidad de drogas como fenobarbital, alcaloides, hidrocarburos aromáticos y otras sustancias potencialmente dañinas para la célula. Otras enzimas del retículo liso del hepatocito degradan el polisacárido glucógeno almacenado en el hígado hasta convertirlas en moléculas de glucosa (glucogenólisis) que proporcionan energía.

En las células musculares, el retículo liso es llamado retículo sarcoplasmático; cumple la función de almacenar calcio (Ca+2) y de liberarlo durante la contracción muscular.

CENTRIFUGACIÓN DIFERENCIAL DEL RETÍCULO ENDOPLASMÁTICO



El estudio de las funciones del retículo se ha realizado por medio del análisis de microsomas, los que han sido obtenidos por procesos de homogeneización y centrifugación. La separación de microsomas del retículo endoplasmático rugoso y microsomas del retículo endoplasmático liso se ha realizado por centrifugación diferencial.

c. Aparato de Golgi

Llamado así en honor del médico y biólogo celular italiano Camilo Golgi, quien lo descubrió a finales del siglo XIX (1898). Es un conjunto especializado de membranas, derivadas del retículo endoplasmático, que se asemeja a una columna de sacos aplanados e interconectados. Los sáculos aplanados se denominan cisternas, y son aquellos que se encuentran apilados unos sobre otros constituyendo unidades funcionales que en las células vegetales son denominados dictiosomas o golgisomas.

En las cisternas se observa una zona de formación (convexa) llamada Golgi CIS, donde llegan vesículas del retículo endoplasmático que contienen proteínas, glúcidos y lípidos, una zona media llamada Golgi medio y una zona periférica o de maduración llamada Golgi trans donde se forman las vesículas secretorias.

El aparato de Golgi altera químicamente y empaca moléculas importantes. El contenido de las vesículas provenientes del retículo endoplasmático; de este modo son recolectadas, concentradas y trasladadas constantemente hacia el exterior de la célula. Esta actividad es llamada secreción celular y se considera la principal función del Golgi. La secreción fue descubierta por Cajal (1914), al estudiar células caliciformes del tracto respiratorio.

En el interior de las vesículas y cisternas, existen proteínas con actividad enzimática, las cuales modifican químicamente algunos componentes, mientras las cisternas se desplazan hacia la periferia del citoplasma.

Las enzimas glucosiltransferasas culminan las reacciones de glucosilación, en las que se agregan glúcidos a glucoproteínas recibidas del retículo rugoso, culminando la síntesis de anticuerpos, glucoproteínas del plasma sanguíneo y mucina. La glucosilación de proteínas para la síntesis de protocolágeno y lipoproteínas plasmáticas solo se realiza en el aparato de Golgi.

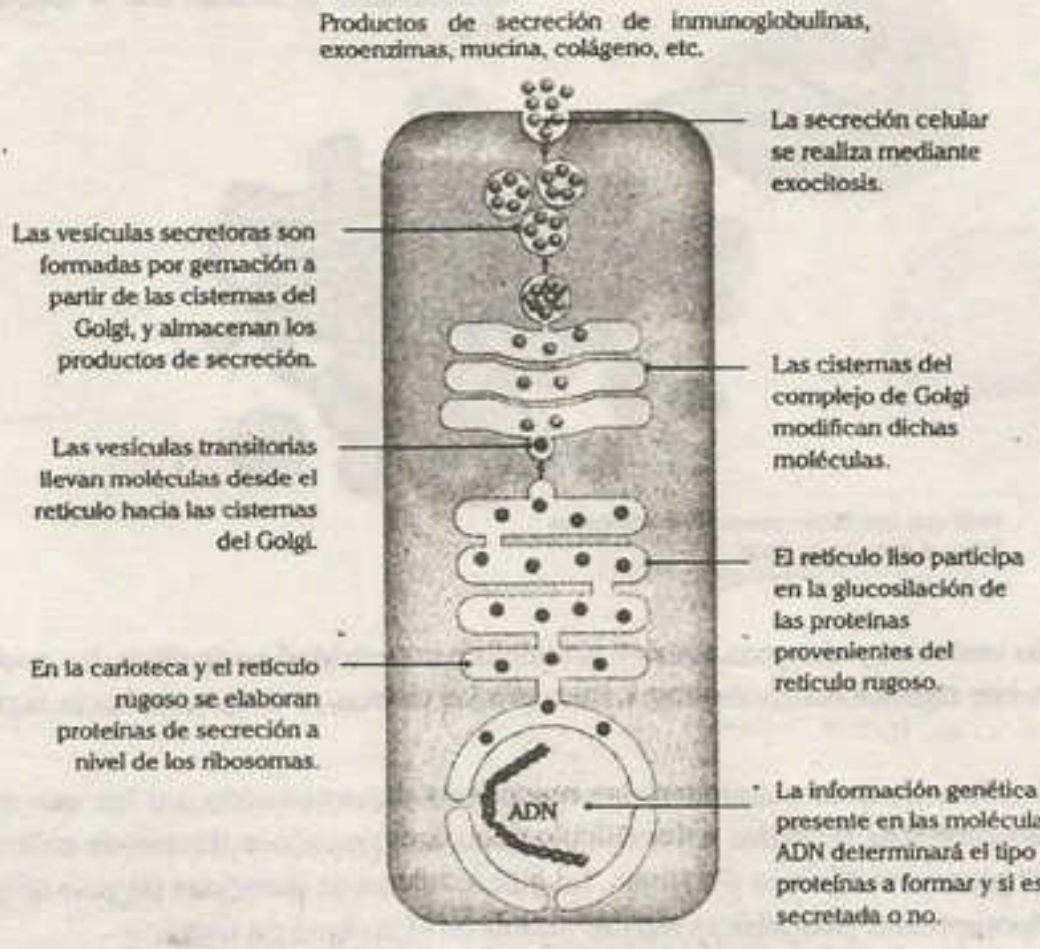
Los glucolípidos y glucoproteínas sintetizados en el aparato de Golgi tienen tres destinos; algunos formarán organelas citoplasmáticas, otros serán secretados (como los anticuerpos y la mucina) y los demás serán integrados a la membrana conforme esta se vaya renovando, al fusionarse las vesículas secretoras con la membrana citoplasmática. De este modo, el aparato de Golgi participa en la renovación constante de la membrana citoplasmática.

La distribución de las diversas enzimas biosintéticas de la membrana lleva a la conclusión de que la mayor parte de las membranas celulares se organiza en el retículo endoplasmático rugoso para luego ser transformada a través de una serie progresiva de cambios, en las membranas de la porción lisa del retículo y en el aparato de Golgi.

En algas unicelulares como las diatomeas, las cisternas del Golgi representan el lugar donde se produce la síntesis de celulosa, que es secretada en forma de placas sobre la membrana citoplasmática.

En las plantas, la síntesis de celulosa es una función de los complejos enzimáticos como la celulosa sintetasa, denominadas también rosetas, de la membrana citoplasmática; aunque el aparato de Golgi es el lugar de la síntesis de la pectina de la lámina media y la hemicelulosa. Este también participa en la formación de lisosomas y otros citosomas, paralelamente a la formación de vesículas secretoras; sin embargo, estos lisosomas permanecen en el citoplasma, donde llevan a cabo sus actividades.

MECANISMO DE SECRECIÓN CELULAR



6.3.3. Organelas membranosas

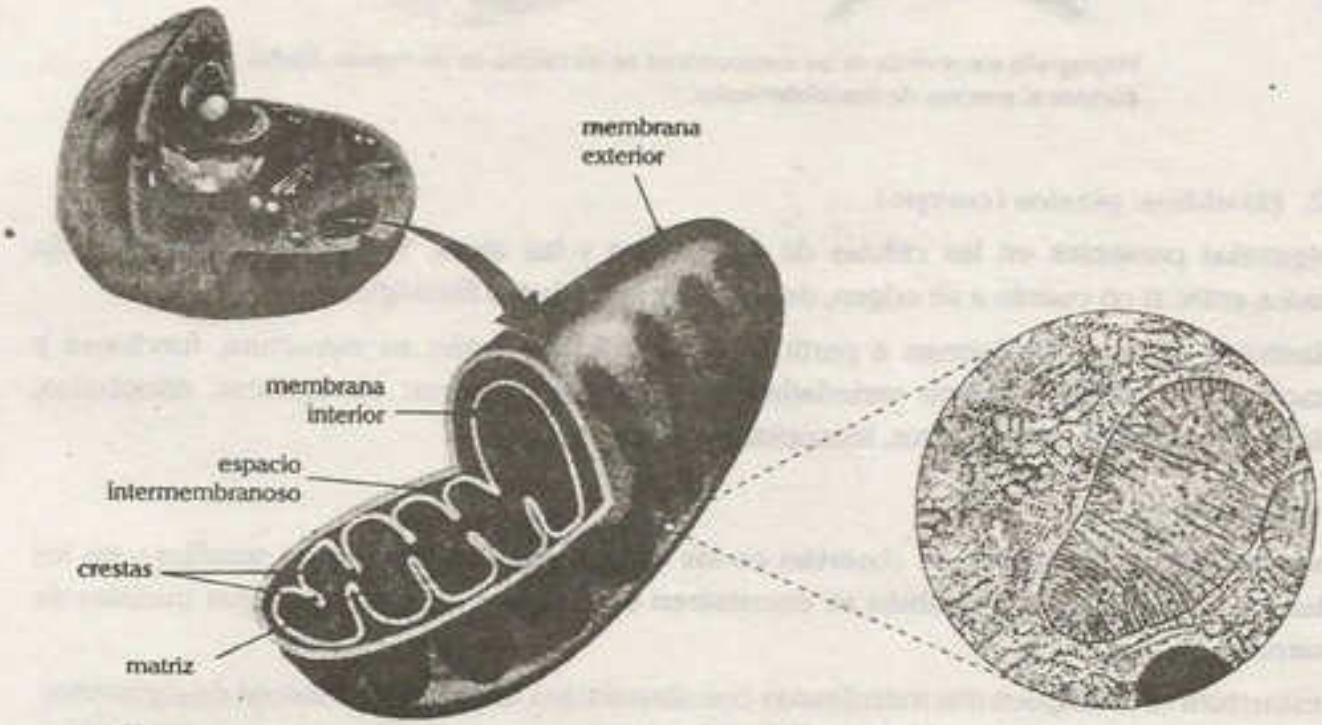
Son cuerpos delimitados por una o dos membranas lipoproteicas que cumplen funciones específicas dentro de la célula. Se consideran organelas membranosas a las mitocondrias, los plastidios, los citosomas y las vacuolas.

6.3.3.1. Las mitocondrias

Fueron descubiertas en 1898 por Carl Benda. Las mitocondrias poseen un par de membranas. La membrana externa es lisa y actúa como una barrera semipermeable y selectiva que otorga a la mitocondria individualidad funcional, permitiendo una comunicación constante con el citoplasma. La membrana interna forma pliegues profundos llamados crestas mitocondriales. Dentro de sus componentes, se halla una gran cantidad de enzimas, tales como los citocromos y las ATP sintetasas, que participan en el proceso de transporte oxidativo de electrones y en la síntesis de ATP, proceso denominado fosforilación oxidativa.

La cámara interna de la mitocondria está llena de un coloide poco denso denominado matriz mitocondrial o mitosol, en cuya composición se hallan una gran cantidad de enzimas que participan en el metabolismo sintético y energético. Las más importantes son las enzimas del ciclo de Krebs, de degradación de aminoácidos y ácidos grasos; también se encuentran las enzimas para la síntesis de ácidos grasos de cadena corta y de aminoácidos no esenciales.

En la matriz se halla una gran cantidad de ribosomas 55S y una molécula de ADN de forma circular. Los ribosomas elaboran algunas de las proteínas mitocondriales. El ADN contiene casi toda la información genética de la mitocondria y permite que tenga cierto grado de autonomía frente al resto de la célula, pues las mitocondrias se multiplican independientemente de la célula (debido a esto, son consideradas organelas semiautónomas).



Las mitocondrias son las organelas encargadas de la producción de ATP, proceso fundamental para el cumplimiento de las funciones de las células eucariotas.

La actividad más importante de las mitocondrias es la producción de ATP a partir de la oxidación catabólica de moléculas nutricionales. Los eventos bioquímicos vinculados a la producción energética se denominan, en su conjunto, respiración celular aeróbica.

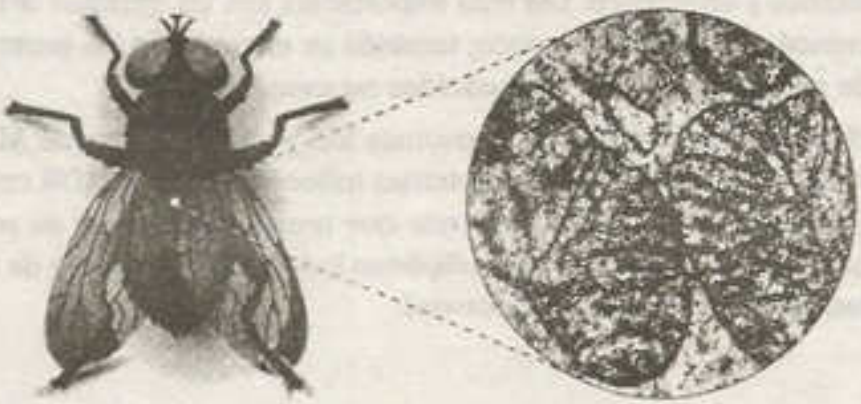
Las necesidades energéticas de las células influyen en el número de mitocondrias que requieren estar presentes.

Las células musculares presentan una cantidad impresionante de mitocondrias, una célula hepática puede tener entre 1000 y 1600; en tanto que algunos ovocitos pueden llegar a tener 300 000. Las células de los cartílagos tienen menor cantidad de mitocondrias.

Las mitocondrias presentes en una célula son transferidas a las células hijas durante la división celular, para que posteriormente se formen otras por división directa de las mitocondrias heredadas, conforme las necesidades celulares aumenten.

twitter.com/calapenshko

LA FISIÓN MITOCONDRIAL



Micrografía electrónica de las mitocondrias de las células de un insecto, fijadas durante el proceso de desdoblamiento.

6.3.3.2. Plastidios: plastos (cuerpo)

Son organelas presentes en las células de las plantas y las algas. Todos los plastidios están vinculados entre sí en cuanto a su origen, desarrollo y actividades fisiológicas.

Los plastidios maduros se forman a partir de proplastidios. Según su estructura, funciones y localización, es posible distinguir variedades de plastidios maduros: cloroplastos, etioplastos, rodoplastos, feoplastos, xantoplastos, leucoplastos y cromoplastos.

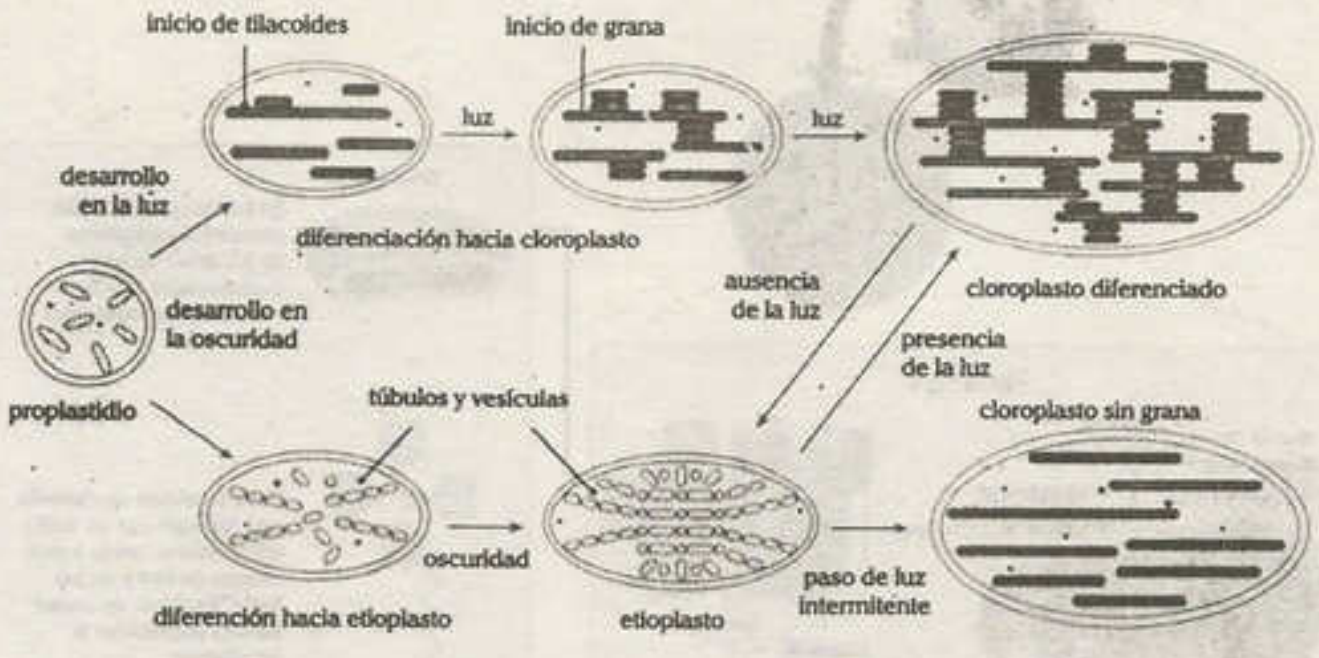
a. Proplastidios

Son los plastidios más simples, se observan en las células embrionarias de las semillas y en los meristemos. Probablemente, también se encuentren en las algas durante las etapas iniciales de su desarrollo.

En su estructura se distinguen dos membranas con abundantes fosfolípidos, carecen de pigmentos, por lo cual son incoloros y translúcidos. El interior o estroma es diluido con pocos ribosomas, algunas proteínas y una molécula de ADN circular.

Al ser expuestos a la luz, sintetizan en su interior clorofila, carotenos y otros pigmentos, que se incorporan a las membranas. Conforme el interior es invadido por las membranas, estas se pliegan y forman sacos aplanados llamados tilacoides, mientras el estroma se enriquece con gran cantidad de proteínas. Es así como un proplastidio se va transformando en un plastidio fotosintético.

ORIGEN DE LOS PLASTIDIOS FOTOSINTETICOS



b. Plastidios fotosintéticos

Se caracterizan por la presencia de clorofila y otros pigmentos fotosintéticos en sus membranas internas. En algunos casos, la clorofila es enmascarada por la coloración predominante de otros pigmentos como en las algas. Distinguimos por ello, a los cloroplastos, rodoplastos, feoplastos, xantoplastos, etc.

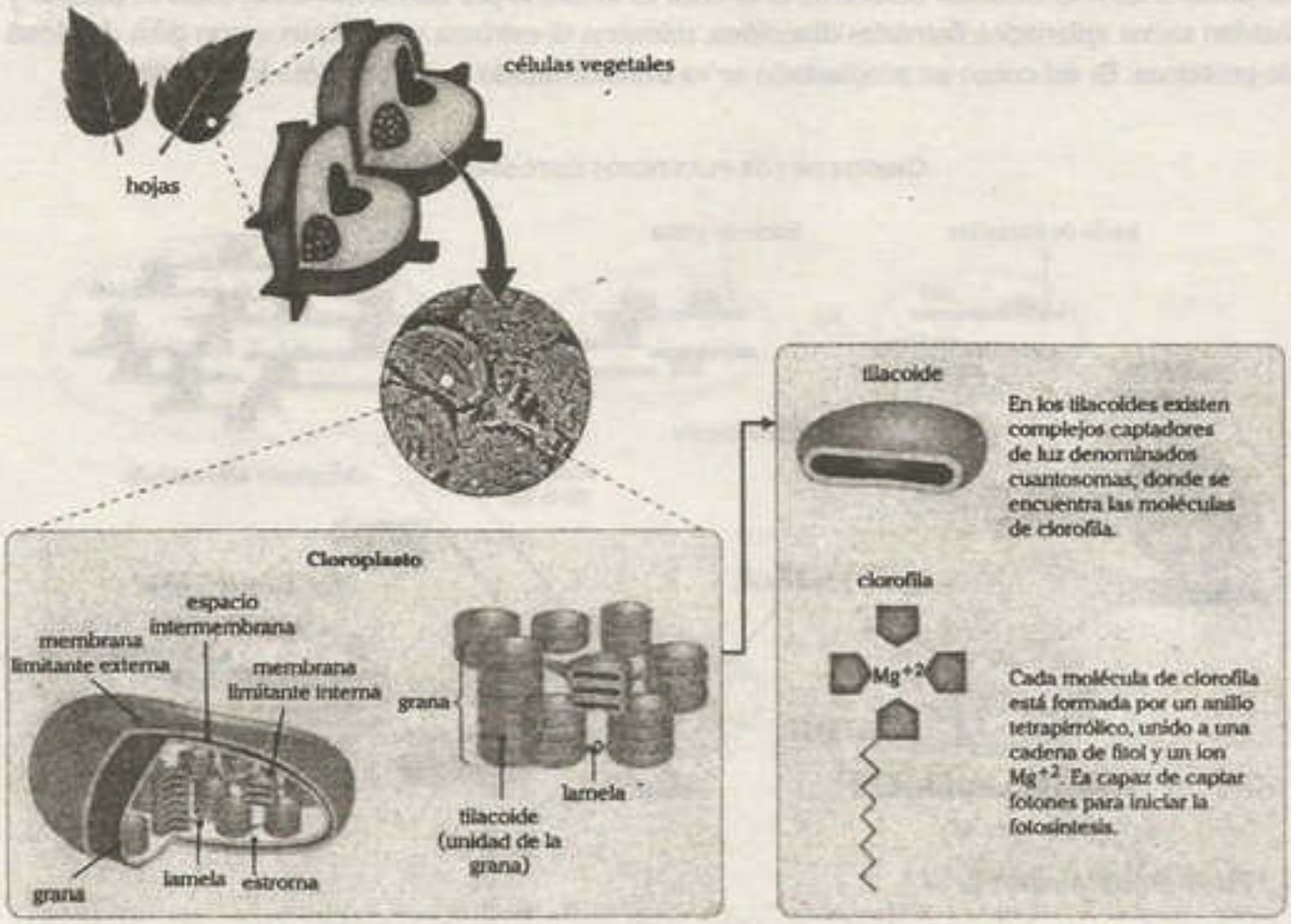
Estos plastidios realizan la fotosíntesis, mediante la cual se transforma la energía luminosa en energía química, que se deposita en los enlaces químicos de las moléculas nutricionales elaboradas durante el proceso.

- **Cloroplastos.** Poseen gran cantidad del pigmento clorofila, por lo cual manifiestan una coloración verde.

  Estructuralmente, presentan dos membranas envolventes y en su interior se aprecian sacos aplanados y agrupados rodeados de coloide. La membrana externa es translúcida, mientras que la membrana interna está provista de clorofila. Entre las dos membranas se encuentra la cámara externa, y es la interna aquella que delimita la cámara interna. En esta se encuentran sacos membranosos y un coloide.

  Los sacos membranosos, denominados tilacoides, se apilan uno encima de otro formando las granas, que se encuentran conectadas por unas estructuras membranosas llamadas lamelas. El coloide o estroma contiene abundante cantidad de enzimas requeridas en la fase oscura de fotosíntesis, ribosomas pequeños, gránulos de polisacáridos reservantes y una molécula de ADN circular que le confiere la propiedad de semiautonomía.

ORGANIZACIÓN INTERNA DEL CLOROPLASTO



Los pigmentos para el proceso de la fotosíntesis se encuentran principalmente en la membrana de los tilacoides. Por su naturaleza lipídica, se asocian con los fosfolípidos y proteínas, constituyendo cuantosomas, unidades donde se lleva a cabo la etapa luminosa de la fotosíntesis. Los pigmentos más importantes son las clorofilas, carotenos, licopenos y xantófilas.

El número de cloroplastos se mantiene relativamente constante en los vegetales. Las algas verdes unicelulares, como Chlamydomonas, poseen un voluminoso cloroplasto, a diferencia de las plantas superiores en las cuales existen comúnmente 20 a 40 cloroplastos por célula. Las algas y algunas células de las plantas heredan los cloroplastos durante la división celular; y en la mayoría de plantas, las células jóvenes reciben proplastidios que se transforman en cloroplastos por efecto de luz. La cantidad de cloroplastos se incrementa progresivamente por división de los mismos, durante el crecimiento de la célula.

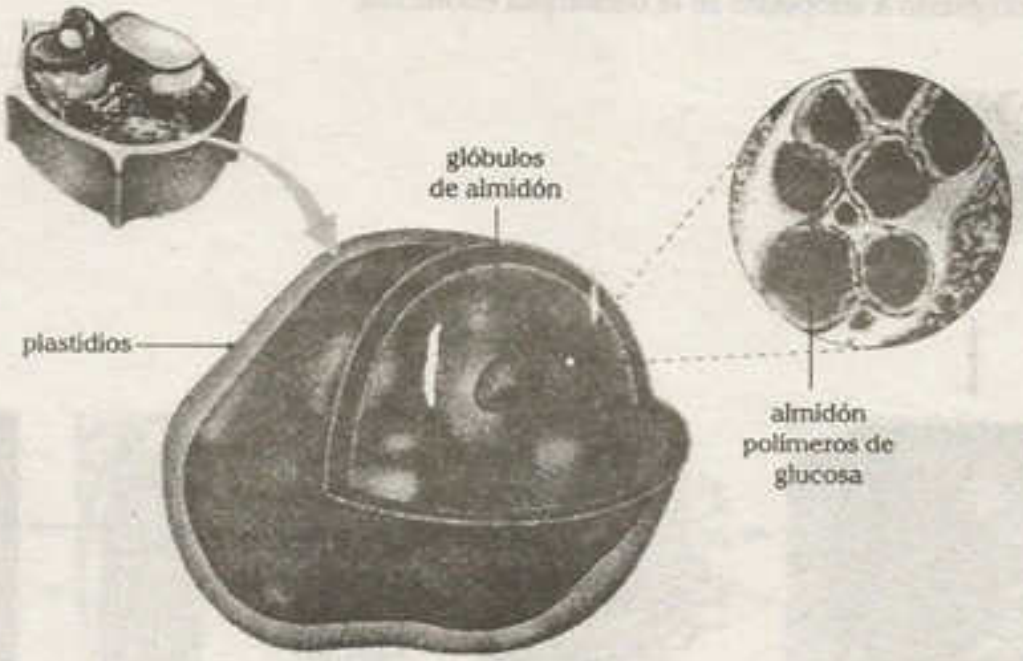
- **Rodoplastos.** Son organelas fotosintéticos de las algas rojas que tienen como pigmento predominante la ficoeritrina.
- **Feoplastos.** Son organelas fotosintéticos de las algas pardas, cuyo pigmento predominante es la ficoxantina o fucoxantina.
- **Xantoplastos.** Son organelas fotosintéticas de algas pardo-doradas (diatomeas) y dinoflagelados. Tienen como pigmento predominante las xantófilas.

c. Plastidios no fotosintéticos

Derivan de los cloroplastos o directamente de los proplastidios. En el primer caso, la acumulación de productos de la fotosíntesis y la ausencia de luz provocan la desorganización de los tilacoides cuyas membranas se desintegran parcialmente y se repliegan hacia la periferia, dejando un espacio que paulatinamente es ocupado por las sustancias de reserva. Según las sustancias que almacenan, se dividen en dos grupos: leucoplastos y cromoplastos.

- **Leucoplastos.** Son plastidios que almacenan sustancias incoloras o poco coloreadas. De acuerdo con la principal sustancia de reserva, son clasificados en amiloplastos, oleoplastos y proteinoplastos.
  - **Amiloplastos.** Acumulan almidón. Los gránulos de almidón se distribuyen en el estroma adoptando diversas formas que son típicas de cada especie vegetal. Las células de los tubérculos, raíces tuberosas, semillas y frutos carnosos son ricas en amiloplastos.

LOS AMILOPLASTOS Y LA RESERVA DE ALMIDÓN



Los plastidios se encuentran en las células de las plantas y algas; están rodeados por una doble membrana; los cloroplastos son los más conocidos. Otros tipos de plastidios almacenan materiales como el almidón, por ejemplo, esto ocurre en los plastidios de las células de la papa.

  - **Oleoplastos o elaioplastos.** Acumulan aceites y grasas sólidas. Se hallan abundantemente en algunas semillas como las menestras y cereales; algunos frutos también son ricos en oleoplastos. Una variedad de oleoplastos lo representan los esterinoplastos, que contienen esteroides vegetales.
  - **Proteinoplastos.** Acumulan proteínas. Las cascarillas (episperma) y los cotiledones de las semillas de los cereales contienen proteinoplastos en abundancia y de ello deriva su valor nutricional.

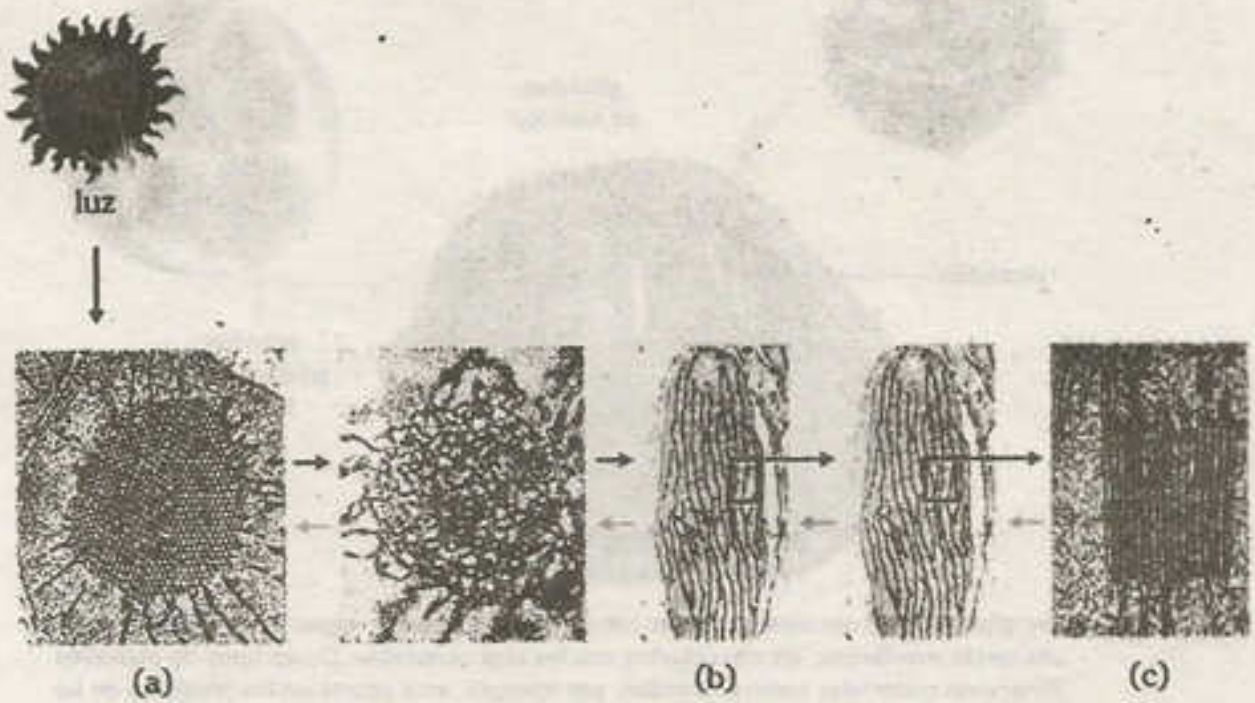
- **Cromoplastos.** Son organelos que acumulan pigmentos y se originan durante el envejecimiento y diferenciación celular vegetal. En los tallos, hojas y frutos expuestos a la luz, se produce la acumulación de pigmentos coloreados que progresivamente desplazan a la clorofila de los tilacoides. Los plastidios adoptan entonces el color del pigmento predominante mientras se desorganizan los tilacoides; solo en ciertos casos, los pigmentos llegan a invadir el estroma.

  En los órganos vegetales no expuestos a la luz, los proplastidios sintetizan directamente los pigmentos que se acumulan en el estroma bajo la forma de gránulos y cristales.

  Los cromoplastos dan la coloración característica a algunos órganos vegetales, los observamos en el tomate (que contienen licopeno), rocoto y ají (que contienen capsantina amarilla y capsorrubina roja), zanahoria y zapallo (que contienen caroteno), hojas y frutos maduros (que contienen xantófilas).

- **Etioplastos.** Son organelos que provienen generalmente de la desorganización y decoloración de cloroplastos.

  Pueden regenerar cloroplastos por exposición a la luz. Al proceso de desorganización de un cloroplasto a etioplasto se le denomina etiolación.



Bajo el efecto de la luz, el etioplasto que lleva el cuerpo prolamelar al centro (a) dará origen a tilacoides laminares (b), al cabo de 24 horas se constituyen las granas (c), constituyéndose el cloroplasto. El proceso inverso se da en la oscuridad prolongada y se denomina etiolación.

6.3.3.3. Los citosomas

Son organelas citoplasmáticas delimitadas por una membrana en cuyo interior presentan enzimas dispersas en agua y se originan a partir del retículo endoplásmico y del complejo de Golgi. Los citosomas varían de acuerdo al tipo de enzimas que contienen y funcionalmente se distinguen como lisosomas, peroxisomas, glioxisomas y otros menos frecuentes.

a. Lisosomas

Fueron descubiertos por Christian de Duve, en 1949, denominándose orgánulos de Duve. Son organelas que realizan la digestión celular. Presentan formas esféricas u ovoides y contienen enzimas hidrolasas digestivas. Su origen se da a partir del complejo de Golgi.

Se encuentran lisosomas en las células eucarióticas. En bacterias no hay lisosomas, pero el llamado espacio periplasmático, que se observa entre la membrana y la pared celular puede desempeñar un papel similar al de los lisosomas. Una propiedad de los lisosomas es su estabilidad en la célula viva. Las enzimas están rodeadas por una membrana y, por lo tanto, no se hallan en contacto directo con el sustrato.

Se han reconocido cuatro tipos lisosomas de las cuales uno es el lisosoma primario; los otros tres pueden designarse en conjunto como lisosomas secundarios.

- **Lisosoma primario**

  Representa un pequeño cuerpo cuyas enzimas son sintetizados por los ribosomas y acumulados en el retículo endoplasmático. Desde ahí las enzimas penetran en la region del Golgi. El lisosoma primario contendría solo parte de las enzimas, y únicamente tras la fusion con un endosoma se completaría la dotación de enzimas hidrolasas ácidas.

  En ciertas ocasiones, al romperse el lisosoma primario se liberan las enzimas digestivas que contiene, con lo que se genera la muerte celular. Este proceso es conocido como autólisis celular.

- **Lisosoma secundario**

Heterofagosoma o vacuola digestiva	Aparece después de la fagocitosis o pinocitosis de material extraño. El lisosoma primario se fusiona con el cuerpo que contiene el material ingerido. El material englobado es progresivamente digerido por las enzimas hidrolíticos que se han incorporado al lisosoma.
Autofagosoma	Es un caso particular en el cual los lisosomas contienen partes celulosas en vías de digestión. Los lisosomas normalmente engloban partículas de citosol y su contenido es degradado por un mecanismo denominado autofagia.

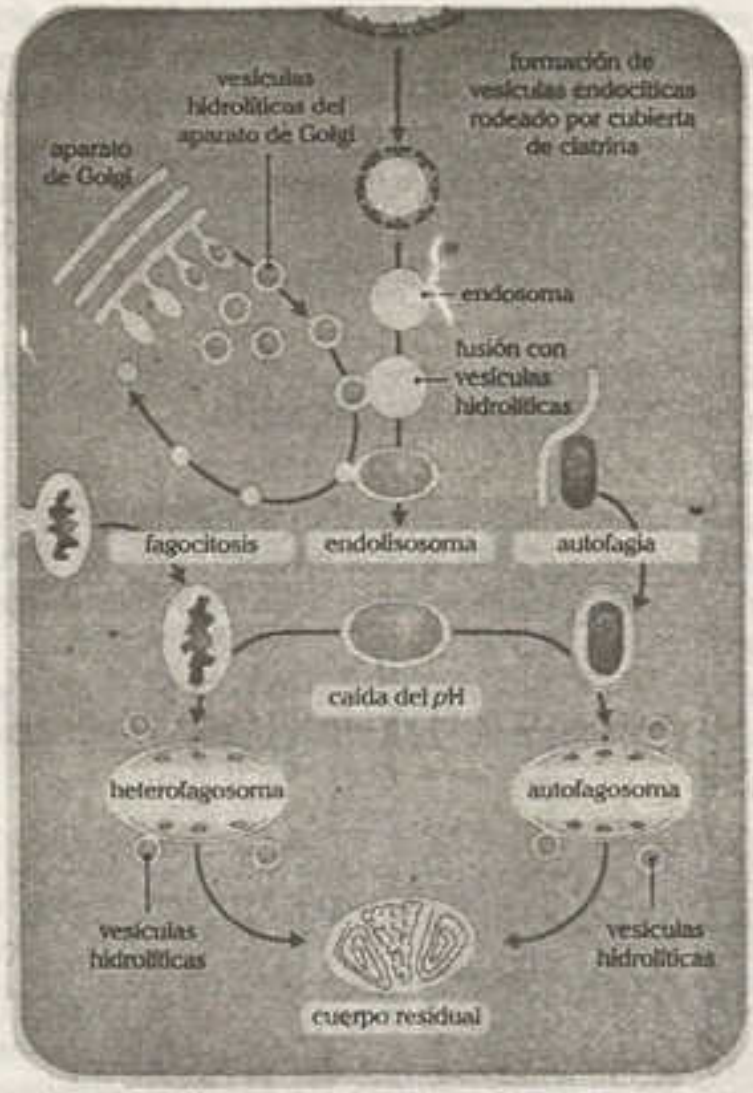
- **Lisosoma terciario (cuerpos residuales)**

  Resultan de una digestión incompleta. En algunos protozoos, como las amebas, son eliminados por medio de la defecación. En cambio, en otras células permanecen durante largo tiempo y pueden ocupar gran parte del citoplasma, por ejemplo los pigmentos de lipofuscinas que se encuentran en las neuronas son el resultado de este tipo de proceso.

Digestión celular

Es el conjunto de reacciones catabólicas en las que los alimentos son degradados en sus componentes y proporcionan nutrientes a la célula. La degradación de alimentos a nivel celular es vital en los protozoos, ya que de esta forma obtienen los monómeros (monosacáridos, aminoácidos, nucleótidos) para sintetizar sus propios polímeros (polisacáridos, proteínas, ácidos nucleicos) generando el crecimiento celular y sintetizar ATP. En los seres pluricelulares, como los animales, además de lo mencionado, la digestión celular permite la eliminación de microorganismos patógenos (bacterias).

Actividad de los lisosomas



- **Proceso de digestión celular**

El lisosoma es la organela encargada de la digestión intracelular. Esta se realiza de la siguiente manera:

Cuando una partícula alimenticia es fagocitada, en el citoplasma se forma la vacuola alimenticia, esta se une a un lisosoma primario originando un lisosoma secundario o vacuola digestiva en cuyo interior las enzimas lisosómicas digieren la partícula alimenticia dando como resultado productos de pequeño peso molecular que pueden atravesar la membrana lisosómica e incorporarse al citoplasma. Cuando la digestión no es completa, se forman cuerpos residuales que pueden ser expulsados al medio extracelular por egestión celular.

La autofagia es otro evento de digestión celular realizado por acción de los lisosomas, resulta importante porque permite la renovación de los componentes celulares; para ello, las organelas citoplasmáticas son rodeadas por membranas del retículo liso formando así la vacuola autofágica, este se unirá al lisosoma para la digestión celular. Este proceso también se realiza en las células de animales en ayuno prolongado donde aparecen muchas vacuolas autofágicas, esto permite la supervivencia al utilizarse partes de la célula.

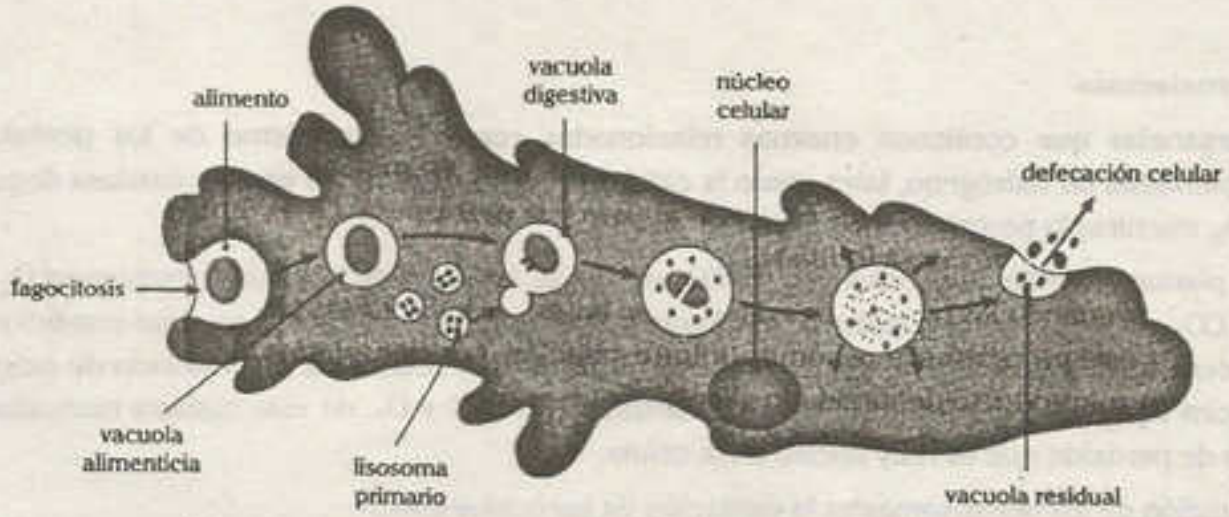
Nota

Autólisis: función de los lisosomas en la metamorfosis de la rana

Durante la metamorfosis del renacuajo a rana adulta, la cola desaparece conforme son digeridas sus células constituyentes y los productos son absorbidos en el animal en desarrollo. La disolución de las células de la cola es causada por enzimas digestivas lisosómicas.

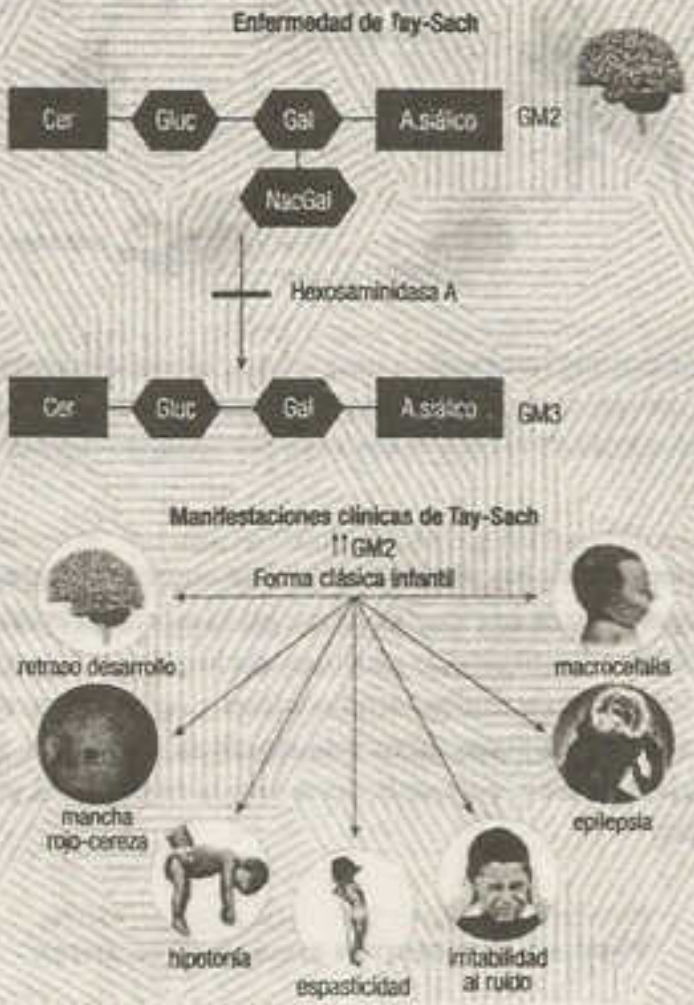
- **Digestión de alimentos en los protozoarios.** Las amebas, durante la fagocitosis, forman la vacuola alimenticia o fagosoma que se une a un lisosoma primario, esto origina la vacuola digestiva o lisosoma secundario. Las enzimas del lisosoma digieren el alimento y se realiza la absorción de los monosacáridos, aminoácidos y ácidos grasos. Luego de la absorción, queda una vesícula con enzimas digestivas inactivas y residuos, llamada vacuola residual egestiva o lisosoma terciario, esta se fusiona con la membrana plasmática para realizar la defecación celular.

PROCESO DE DIGESTIÓN CELULAR EN LA AMEBA



Recuerde

La **enfermedad infantil de Tay-Sachs** se debe a que los lisosomas no cumplen su función porque carecen de una enzima digestiva de lípidos (β-hexosaminidasa A) y las células nerviosas en el cerebro se dañan a medida que se acumula el exceso de lípidos. Los niños afectados suelen ser dementes y ciegos a los dos años de edad y morir antes de cumplir los 3 años. Las células nerviosas de estos niños, se agrandan enormemente con los lisosomas dilatados llenos de lípidos.

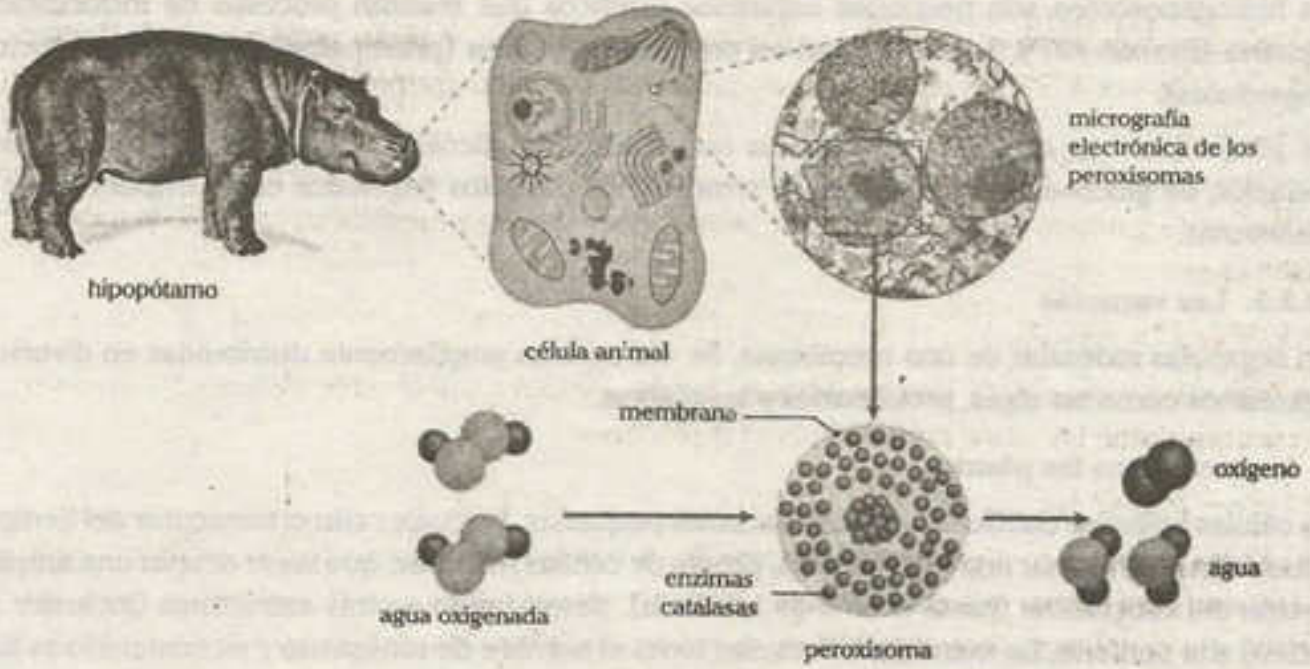


b. Peroxisomas

Son organelas que contienen enzimas relacionadas con el metabolismo de los peróxidos, principalmente de hidrógeno, tales como la catalasa y la peroxidasa. La enzima catalasa degrada el H_2O_2, mientras la peroxidasa forma H_2O_2.

En las plantas, cuando las condiciones de CO_2 son bajas, las hojas de las plantas consumen O_2 y liberan CO_2, a este proceso se le denomina fotorrespiración. Los cloroplastos, en estas condiciones, producen un subproducto denominado glicolato, que es muy reductor y en presencia de oxígeno producen H_2O_2, entonces el peroxisoma lo desdobla en H_2O y O_2, de esta manera neutraliza la acción de peróxido que es muy nocivo en la célula.

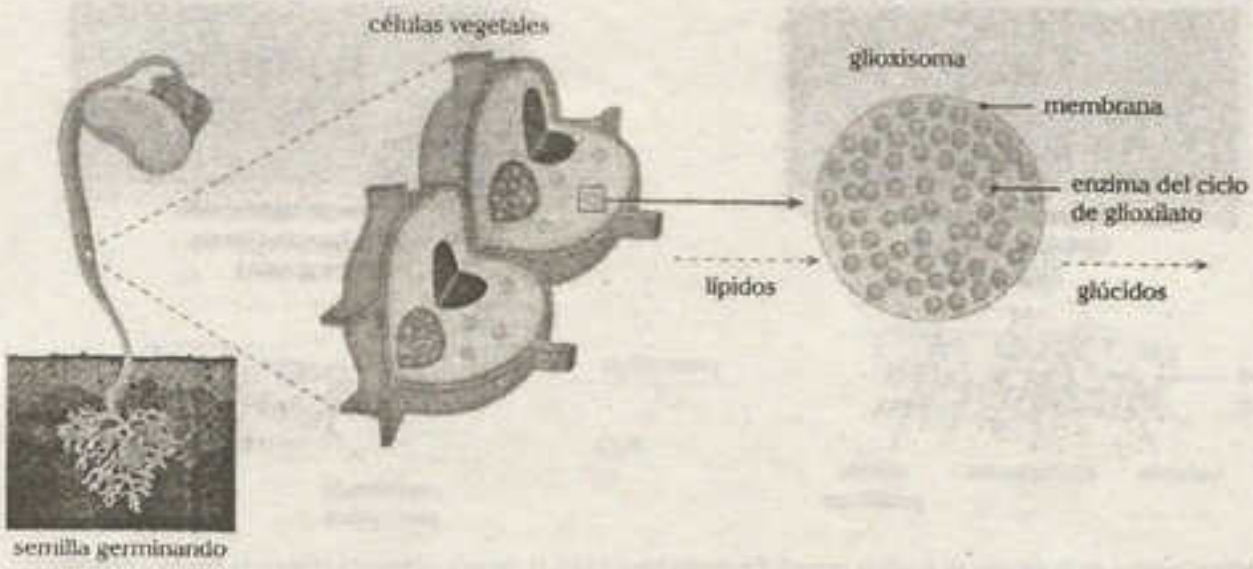
Otra función de los peroxisomas es la oxidación de los ácidos grasos.



Se muestra una micrografía electrónica de los peroxisomas, donde se observa como una zona oscura a las enzimas en estado cristalino. Las enzimas catalasas participan en la descomposición del agua oxigenada en agua y oxígeno.

c. Glioxisomas

Son organelos vegetales que intervienen en el metabolismo de triglicéridos. Las enzimas del glioxisoma participan en la transformación de las reservas de grasa de las semillas en glúcidos por medio del ciclo del glioxilato, proceso de gluconeogénesis. Estos glúcidos posteriormente son usados como fuentes de energía para la germinación.



Los glioxisomas son peroxisomas especializados que convierten los lípidos en carbohidratos durante la germinación de las semillas.

6.3.3.4. Otros citosomas

Los hidrogenosomas son pequeños organelos esféricos que realizan procesos de fosforilación oxidativa (forman ATP). Se encuentran en protozoos parásitos (principalmente de los conductos urogenitales).

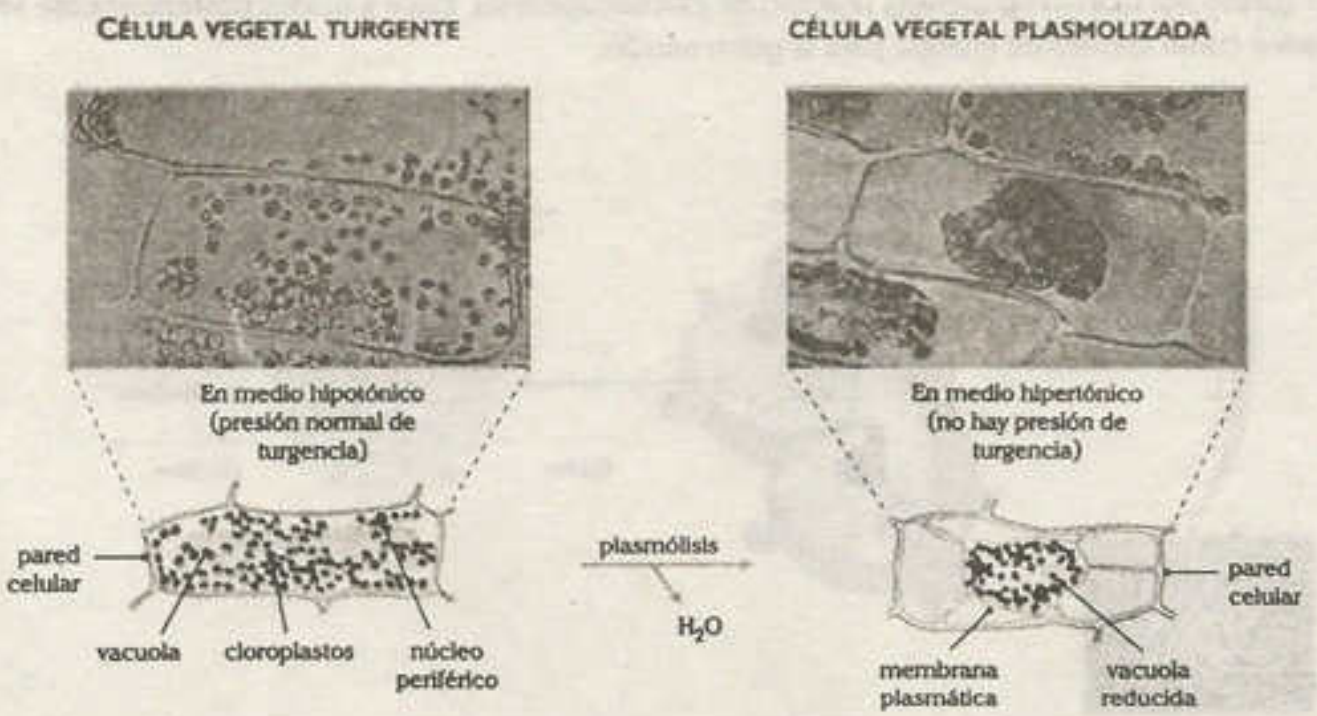
Los glicosomas son organelos glucolíticos que realizan la glicólisis o glucólisis, proceso de degradación de glucosa. Se encuentran en protozoarios parásitos flagelados como *Tripanosoma* y *Leishmania*.

6.3.3.5. Las vacuolas

Son organelas rodeadas de una membrana. Se encuentran ampliamente distribuidas en diversos organismos como las algas, protozoarios y las plantas.

a. La vacuola en las plantas

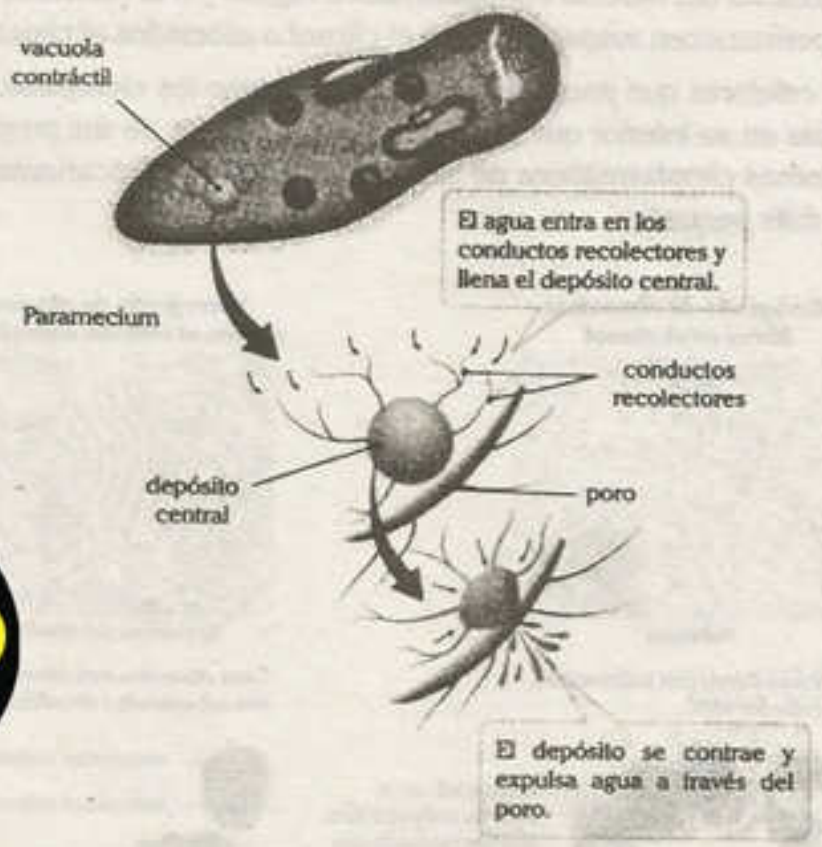
Las células juveniles contienen muchas vacuolas pequeñas, las cuales con el transcurrir del tiempo se fusionan para formar una gran vacuola, propia de células maduras, que suele ocupar una amplia porción del citoplasma (hasta el 90% de la célula), desplazando a otras estructuras (inclusive al núcleo) a la periferie. La membrana vacuolar toma el nombre de tonoplasto y su contenido es llamado jugo celular o savia vacuolar; este puede incluir pigmentos, taninos, alcaloides sales y azúcares. Esto significa que la vacuola acumula sustancias de reserva y subproductos del metabolismo. Cuando la vacuola está llena de agua, el citoplasma queda apretado contra la pared celular, estado conocido como turgencia (rigidez de la célula vegetal). En algunas plantas contiene enzimas hidrolasas y es una zona de digestión intracelular. Los pigmentos almacenados se relacionan con la coloración de los pétalos de algunas flores.



Rol osmorregulador de la vacuola en la célula vegetal: En medio hipotónico, la vacuola concentra el agua, se hincha y desplaza al núcleo y a los cloroplastos hacia la periferie, generando el estado de turgencia. Cuando la célula está en un medio hipertónico, el citosol se deshidrata y la vacuola pierde agua; esto como consecuencia de la plasmólisis celular.

b. La vacuola contráctil o pulsátil

Debe su denominación a su asociación con el citoesqueleto, que le proporciona elasticidad y contractibilidad, movimientos de diástole y sístole. Su contenido es principalmente agua y sustancias disueltas. Interviene en la regulación del agua y electrolitos que difunden a partir del ambiente. Existe una gran diversidad de formas y complejidad, el número también varía según la especie. En la mayoría de casos, las vacuolas se asocian con una gran cantidad de canalículos y con la membrana plasmática. Es típica en protozoarios de agua dulce (dulceacuícolas).



6.3.4. Organelas no membranosas

Son estructuras citoplasmáticas que no poseen membrana lipoproteica delimitante; se encuentran distribuidas en la matriz citoplasmática. La estructura de sus componentes moleculares determina su función en interacción con otros componentes de la célula. Se encuentran dentro de esta categoría los ribosomas, centrosomas, casquetes polares, cilios y flagelos.

a. Ribosomas

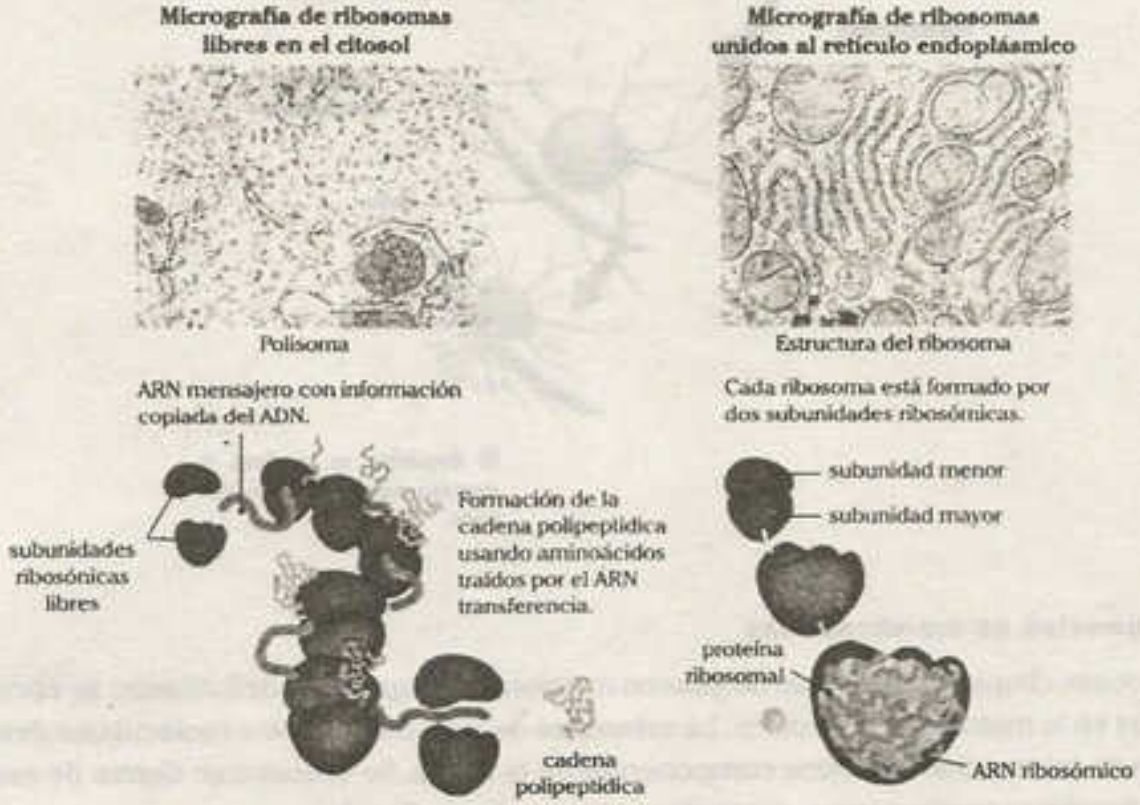
Fueron descubiertos en 1958 por George Palade. Son organelas núcleoproteicas, que se encargan de la síntesis de las proteínas. Están constituidas principalmente por asociación de ácido ribonucleico y proteínas; las proteínas y el ARNr forman dos masas moleculares denominadas subunidades, de las cuales una es de mayor tamaño y densidad respecto de la otra. Cuando el ribosoma está inactivo, sus subunidades se hallan separadas pudiendo ser identificadas individualmente; mientras que cuando sí lo está sus subunidades se hallan unidas y asociadas con un ARN mensajero. Los ribosomas son las organelas presentes en todas las células.

El tamaño y la densidad de los ribosomas se miden en unidades sverdbergs (S), cuya magnitud es una expresión de la densidad de los cuerpos.

Las subunidades de un ribosoma eucariótico miden 60S y 40S, respectivamente; cuando están separadas, el ribosoma integrado mide 80S. También, existen ribosomas en células procarióticas, mitocondrias y cloroplastos, aunque su medida es menor; así, los ribosomas bacterianos miden 70S (de subunidades 50S y 30S), mientras que en las organelas pueden medir entre 50S y 60S (de subunidades 35S y 25S).

La distribución de los ribosomas en las células eucarióticas es heterogénea, pues algunos están adheridos a las membranas del retículo endoplasmático rugoso y a la carioteca gracias a la proteína riboforina, y otros permanecen suspendidos en el citosol o asociados al citoesqueleto.

Algunas organelas celulares que presentan membranas como los cloroplastos y las mitocondrias contienen ribosomas en su interior que son útiles para la síntesis de sus propias proteínas; a diferencia de los ribosomas citoplasmáticos de células eucariontes y procariontes, los ribosomas son 55S, siendo así los más pequeños.



b. Centrosomas

Fueron descubiertos en 1888 por Boveri y Van Beneden. Son organelos microtubulares de naturaleza proteica, ubicados cerca del núcleo. Están presentes en células animales, protozoos, algas y plantas inferiores como musgos y helechos; asimismo, intervienen en la formación del aparato de división celular denominado aparato mitótico. Sirven como cuerpos basales para la formación de cilios y flagelos, además representan el centro que permite la organización del citoesqueleto. En su organización interna hay tres componentes: los centriolos, el áster y la centrósfera.

Centriolos

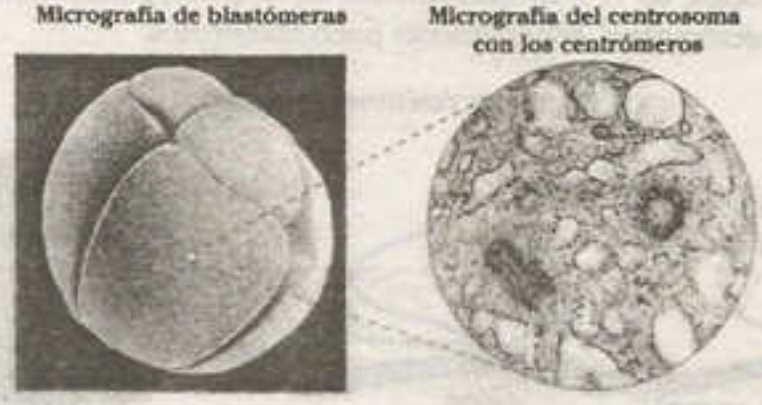
Estructuras microtubulares de forma cilíndrica y hueca, dispuestas perpendicularmente, es decir, formando un ángulo recto (90°). Cada centriolo está constituido por nueve tripletes de microtúbulos, los tripletes muestran una disposición helicoidal y constantemente están siendo renovados por la agregación y separación de las proteínas que los constituyen. La estructura microtubular del centriolo es conocida como 9+0.

Ásteres o microtúbulos libres

Son cuerpos delgados que se distribuyen radialmente alrededor de los centriolos. Están constituidos por la asociación de proteínas globulares denominadas tubulinas.

Material pericentriolar

Es la región donde se encuentran suspendidos los centriolos y ásteres. Se caracteriza por su alta densidad, pero en esencia es un coloide, donde abundan las tubulinas que dan origen a los microtúbulos y centriolos.

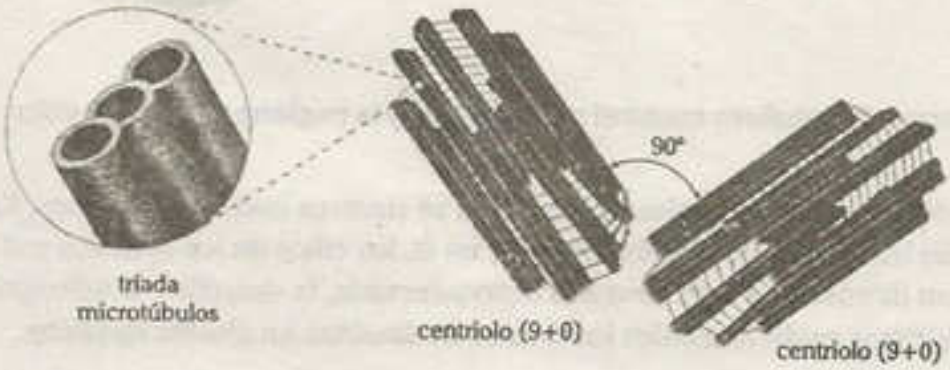


Micrografía de blastómeras (células en división), cada una de ellas tiene centriolos los cuales participan en la división celular.

c. Casquetes polares

Representan el equivalente al centrosoma. Se encuentran en las células de las plantas superiores, llamadas espermatofitas, es decir, aquellas que forman semillas. Son menos organizados que los centrosomas, y están constituidos por una masa de microtúbulos que se dispone alrededor del núcleo. Se encargan de formar el huso acromático durante la división de la célula vegetal, tanto en la mitosis como en la meiosis.

MODELOS DE CENTROSOMA



d. Cilios y flagelos

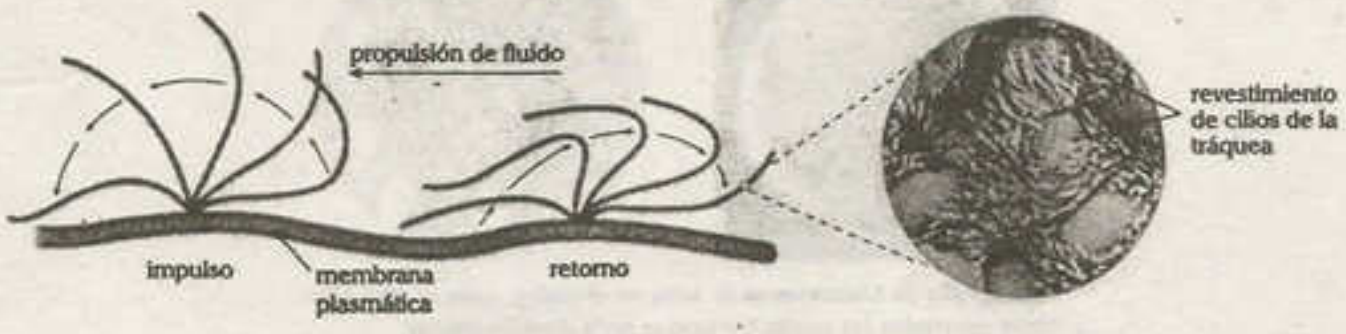
Tanto los cilios como los flagelos son extensiones delgadas vinculadas a la motilidad celular y constituida por la asociación de proteínas.

Estructuralmente, presentan dos porciones: cinetosoma y axonema.

El cinetosoma o cuerpo basal tiene una estructura similar al centriolo, ya que deriva de él y se localiza en el citoplasma. El axonema es un cilindro hueco formado por nueve pares o dupletes de microtúbulos en la periferia y dos microtúbulos, que no forman duplete, en posición central. Los microtúbulos centrales están rodeados por un paquete de proteínas llamado vaina central. Los dupletes periféricos se conectan entre sí, mediante nexinas y a la vaina central por filamentos proteicos llamados escalones radiales, ello otorga al axonema integridad estructural y funcional. De los dupletes periféricos se proyectan estructuras proteicas en forma de brazos, los que actúan durante la motilidad. Las proteínas que forman los brazos han sido denominadas dineínas.

Los cilios y flagelos confieren motilidad a las células que los poseen. Las principales diferencias entre ellas radican en cuanto al número, la longitud y la dirección de la fuerza que generan. En general, los cilios son cortos, de 10 a 25 micrómetros de longitud, y muy numerosos. Los flagelos son largos, de 50 a 70 micrómetros, generalmente poco numerosos.

CILIOS: EXTENSIONES CORTAS

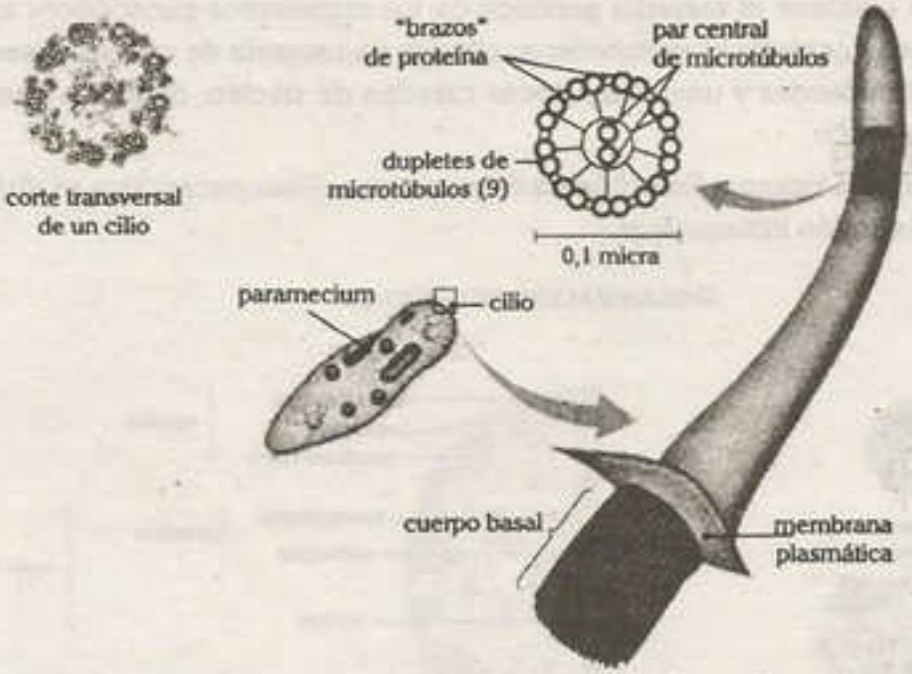


FLAGELOS: EXTENSIONES LARGAS

Algunos organismos unicelulares como el paramecium y la euglena utilizan los cilios y flagelos para desplazarse.

La mayoría de espermatozoides animales también se mueves mediante flagelos. En humanos, el síndrome del cilio inmóvil es de interés especial; en él, los cilios de los epitelios y el flagelo del espermatozoide son inmóviles, y esto lleva a la bronquiectasia, la sinusitis y la infertilidad masculina. En la mayoría de casos están afectados los brazos de dineínas en grados variables.

ORGANIZACIÓN DE CILIOS Y FLAGELOS



Esquema de un cilio con su cuerpo basal subyacente, además, se observa la composición 9+2 de los microtúbulos.

Nota

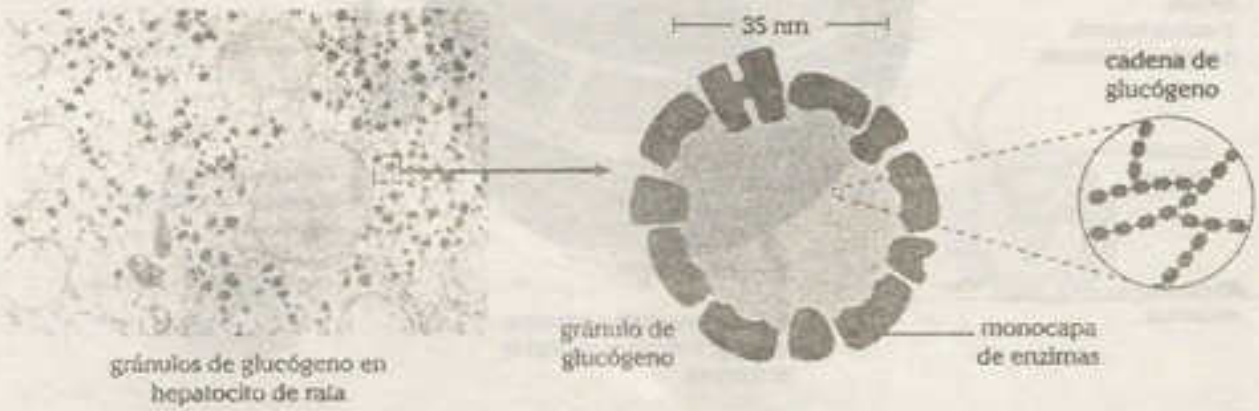
El flagelo bacteriano no tiene la misma organización que el flagelo eucariótico, dado que está conformado por la proteína flagelina, y es un tubo hueco parecido a un resorte compacto. Las bacterias con un flagelo son llamadas monótricas; con un penacho de flagelos en uno de sus polos, lofótricas; y con flagelos en toda su superficie, perítricas.

6.3.5. Inclusiones citoplasmaticas

Son conglomerados moleculares de reserva que presentan formas muy variada y se encuentran suspendidos en el coloide celular o en el interior de las organelas.

En las células vegetales, la principal sustancia de reserva es el almidón, además, se presentan cúmulos de sustancias, como el oxalato de calcio, y algunas proteínas originan cuerpos amorfos.

En las células animales, las inclusiones pueden ser gránulos de glucógeno y lípidos (triglicéridos).

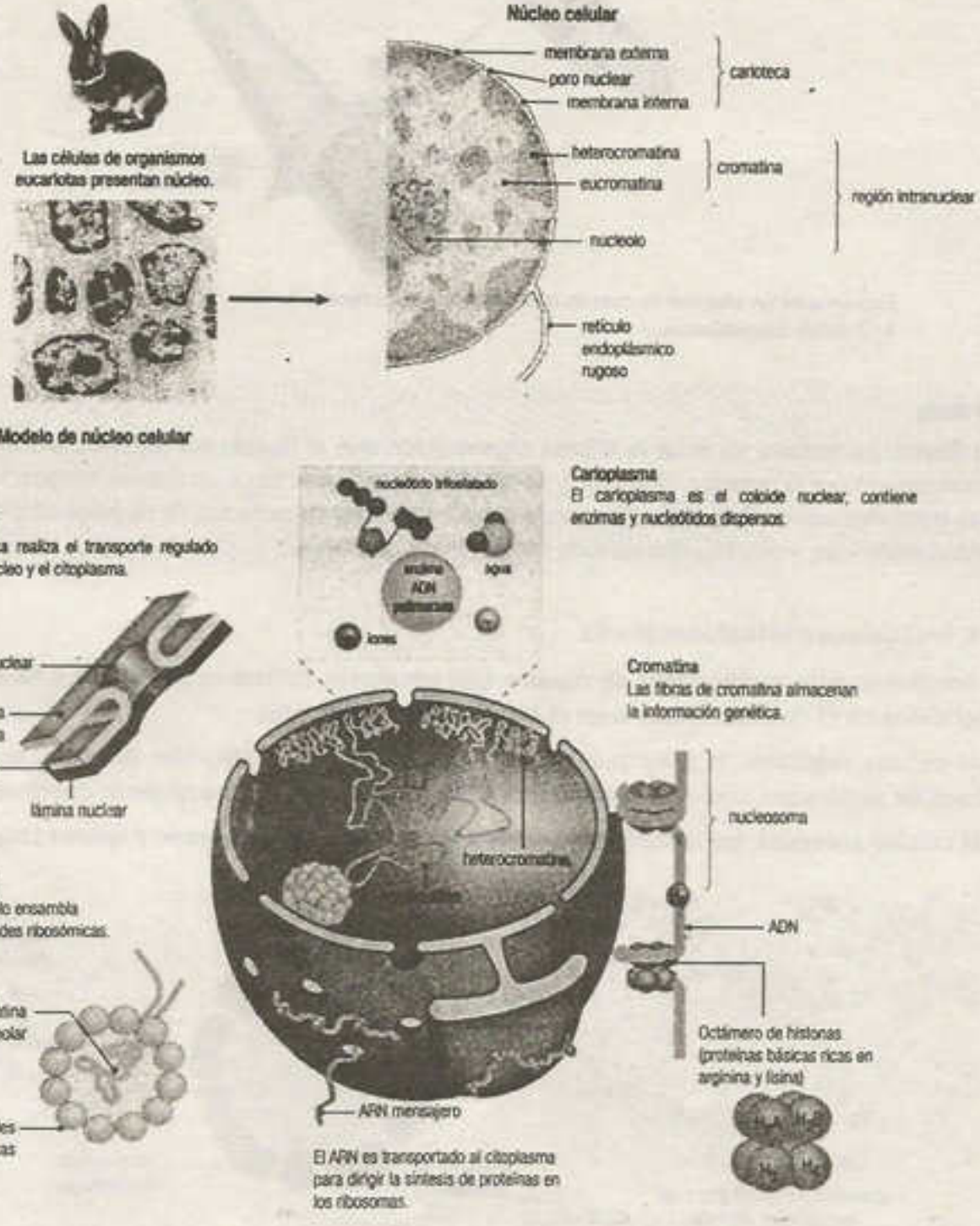


6.4. EL NÚCLEO CELULAR

La región celular que contiene el material genético de los organismos eucarióticos almacena la información hereditaria y controla el metabolismo celular. La mayoría de células posee uno, pero existen también multinucleadas y unas muy pocas carecen de núcleo, debido a que pierden el núcleo durante su desarrollo.

Organización y estructura interna. En el núcleo típico de una célula eucariótica se distinguen dos partes: la carioteca y la región intranuclear.

ORGANIZACIÓN DEL NÚCLEO



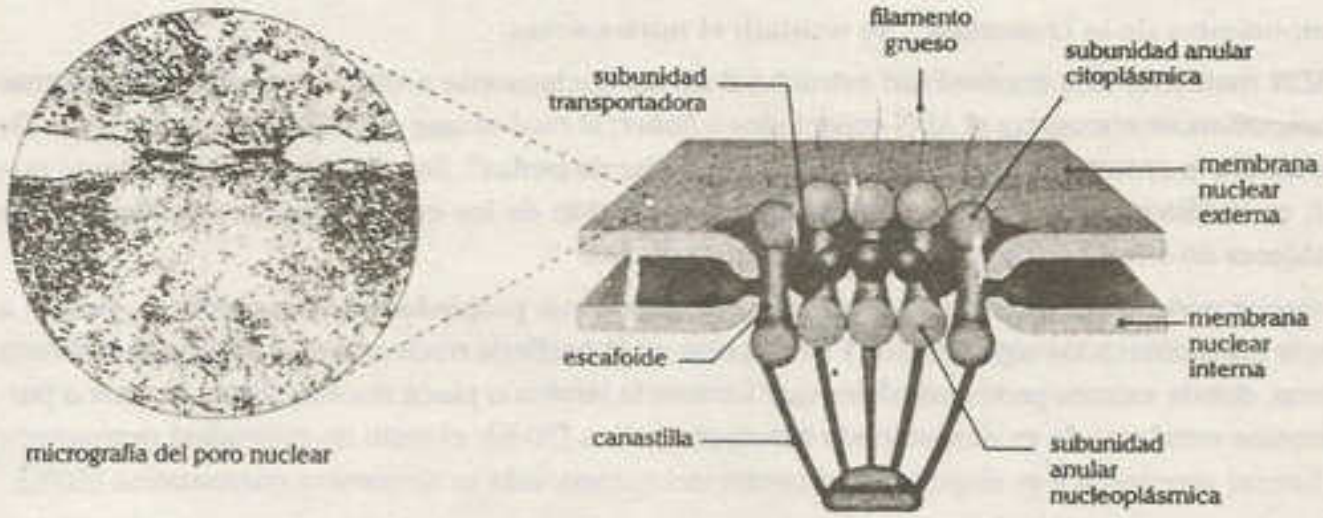
6.4.1. Carioteca

También denominada envoltura nuclear. Está constituida por el plegamiento de una porción del sistema de endomembranas que se diferencian en una membrana externa e interna, un espacio perinuclear (entre ambas) y la lámina nuclear.

En los lugares donde la membrana externa entra en contacto con el material nuclear, los plegamientos contiguos se adhieren originando los poros nucleares. Los poros están delimitados por una asociación de moléculas proteicas en forma de placa circular hendida por ambos lados, denominada complejo del poro. Con el microscopio electrónico se han observado ocho paquetes de proteínas bordeando el espacio central. Los poros nucleares constituyen una barrera selectiva, puesto que solo permiten el paso de algunas sustancias.

Hacia la región intranuclear se moviliza una gran cantidad de moléculas, como las histonas, proteínas ribosómicas, enzimas, nucleótidos, agua e iones. La cantidad de poros depende de la complejidad celular, aunque se sabe que son abundantes en los núcleos celulares de los mamíferos.

COMPLEJO DE PORO NUCLEAR



Con esta representación esquemática de la estructura del complejo del poro, se manifiesta que está constituido por diversas subunidades de naturaleza proteica.

6.4.2. Región intranuclear

Conformada por el carioplasma, la cromatina y el nucleolo.

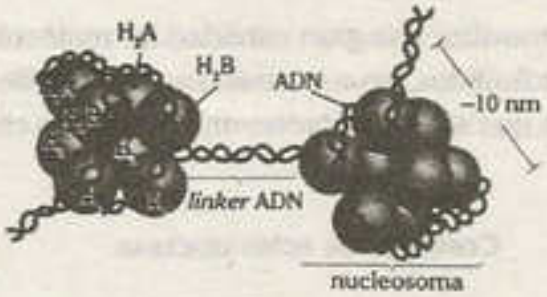
a. Carioplasma

Denominado también nucleoplasma o cariolinfa; es la matriz del núcleo. Es una masa coloidal semilíquida, incolora y viscosa, de mayor densidad que el citoplasma, aunque de composición semejante, con alto contenido proteico y enzimático, además de sales inorgánicas, fosfatos, bases nitrogenadas y trifosfatos de nucleósidos (ATP, CTP, TTP, UTP, GTP), que son unidades útiles en la síntesis de ARN y ADN. Las proteínas que destacan son la nucleoplasmina, la proteína N_1 y en general un grupo de proteínas ácidas llamadas residuales.

b. Cromatina

Es una asociación supramolecular de naturaleza nucleoproteica, compuesta por ADN y proteínas básicas denominadas histonas.

Las histonas son proteínas de naturaleza básica debido a la presencia de los aminoácidos arginina y lisina, se asocian en paquetes de ocho moléculas denominados octámeros. En los octámeros se ha identificado cuatro tipos diferentes de histonas denominadas H_2A, H_2B, H_3 y H_4; cada una consta de 102 a 135 aminoácidos y su estructura se ha conservado muy constante en la evolución, sobre todo la de las histonas H_3 y H_4. Alrededor de los octámeros se enrolla el ADN en dos giros de disposición espiralada, donde se ha contabilizado 146 pares de nucleótidos, constituyendo el nucleosoma.



Componentes de la cromatina y su unidad: el nucleosoma

El ADN mantiene una continuidad estructural de un nucleosoma a otro. Entre dos nucleosomas consecutivos se encuentra el ADN espaciador o *linker*, al cual se une otro tipo de histona, la H_1. De este modo, la cromatina tiene la apariencia de "collar de perlas". Resulta importante destacar que la H_1 es la histona que más ha cambiado en la evolución de los eucariontes, su estudio permite establecer un árbol evolutivo general de los eucariontes.

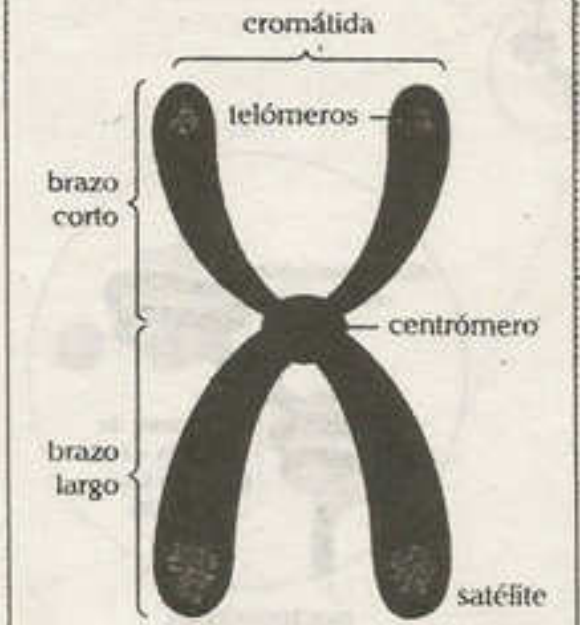
La mayor parte de filamentos cromatínicos, debido a sus propiedades fisicoquímicas, tiende a formar conglomerados algo gruesos y se dispone en la periferia nuclear, adherido a la membrana interna, donde existen proteínas afines que forman la lámina o placa nuclear. Esta cromatina parcialmente condensada es denominada heterocromatina (90%); el resto de cromatina permanece sin formar agregados y se dispone en el centro del núcleo, esta se denomina eucromatina (10%).

La heterocromatina, debido a su estado de mayor agregación, no permite la expresión de la información que contiene por lo que se considera inactiva; mientras que la eucromatina contiene la información que progresivamente expresa los caracteres de los seres vivos, por lo cual se considera como activa.

Se llega a reconocer dos tipos de heterocromatina: constitutiva y facultativa. La constitutiva siempre está inactiva, puesto que es interrumpida por pequeños segmentos eucromatínicos; a pesar de ser inactiva para la transcripción, cumple funciones de protección contra virus oncogénicos (productores de tumores), separa las zonas genéticamente activas y participa en la disyunción cromosómica, el apareamiento y sobrecruzamiento durante la meiosis. La facultativa unas veces está condensada y otras no, varía de un tipo celular a otro y por ello es responsable de la diferenciación celular. Cada tipo de célula presenta un mecanismo heredable de "memoria celular" que le indica qué cromatina debe activarse. Durante la división celular, toda la cromatina adopta un mayor nivel de agregación, con lo que da origen a los cromosomas.

Cromosomas

Surgen como producto de la condensación de la cromatina. Cada cromosoma está compuesta por una larga molécula de ADN asociada a diversas proteínas. Según de qué cromosoma se trate, tal molécula puede contener entre 50 y 250 millones de pares de bases. Las proteínas asociadas al ADN se clasifican en dos grandes categorías. Unas se conocen como histonas y las otras que integran un grupo heterogéneo formado por diferente tipo de proteínas se les denominan no histónicas. Esta asociación de ADN, histonas y proteínas no histónicas se les denomina cromatina. La cromatina, entonces, es el material del cual están compuestos los cromosomas.

Estructura del cromosoma	Descripción	
	Centrómero	Participa en el reparto a las células hijas de las dos copias cromosómicas generadas como consecuencia de la replicación del ADN.
	Telómero	Corresponden a los extremos de los cromosomas. Allí el ADN posee una secuencia de nucleótidos especial, que determina el modo singular como se replica.

Los cromosomas poseen secuencias de ADN únicas y secuencias de ADN repetidas. En las moléculas de ADN se halla depositada la información genética de la célula. Podemos decir que en el ADN se encuentra la información que rige el destino de todo el organismo, desde la que regula los acontecimientos biológicos que tiene que ver con su desarrollo biológico hasta la que gobierna su crecimiento, diferenciación y funciones, incluida su predisposición o inmunidad a determinadas enfermedades.

Toda la información genética contenida en el ADN se denomina genoma. El 75% del ADN se halla representado por secuencias singulares (copias únicas) de nucleótidos y secuencias que se hallan una o pocas veces repetidas. En este sector del ADN se encuentran las secuencias de nucleótidos funcionalmente activas; es decir, los genes. Estos representan el 13% de ese 75% del ADN, lo que equivale al 10% de todo el genoma.

El 25% restante del ADN se halla representado por secuencias de nucleótidos altamente repetidas. Sus funciones se desconocen aunque se cree que cumplen un papel en el mantenimiento de la estructura de los cromosomas.

A todo el público en general:

El Proyecto Modo Scan+100, nace de una idea del **Team Calapenshko**, el cual es difundir todo aquel texto inédito que no esté circulando en la red.

Nuestro Grupo Calapenshko hace el mejor esfuerzo para digitalizar este libro, y así usted estimado lector pueda obtener la mejor experiencia que toda persona desea al abrir un libro.

Este proyecto llega gracias a las **donaciones que se pudo obtener de 100 personas** comprometidas con el proyecto **MODO SCAN+100**.

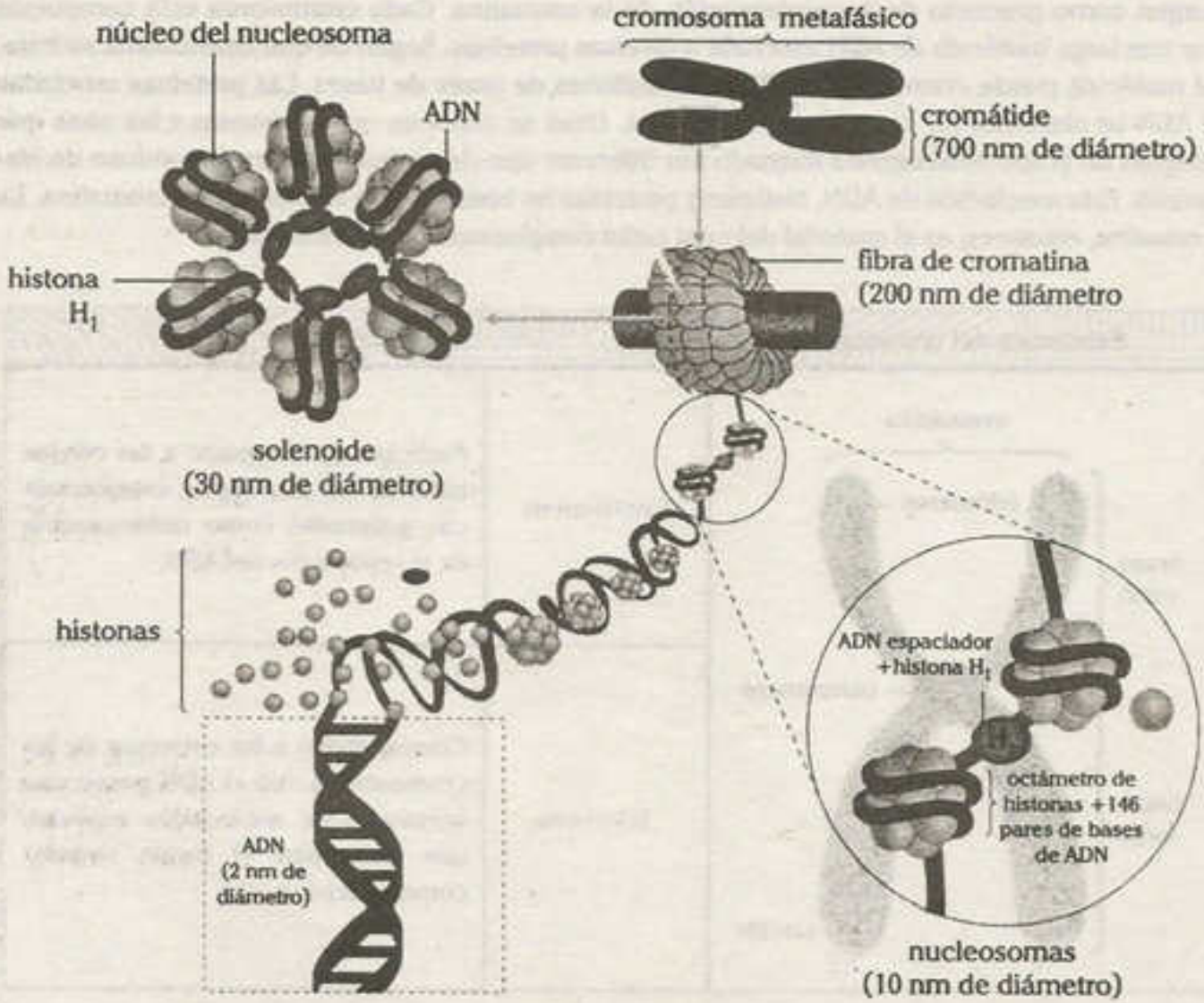
Este libro no debe ser prostituito monetariamente, este libro no debe ser coleccionado, este libro debe ser destruido analíticamente, así que te invito a leerlo.

No pagues por este libro de **circulación gratuita**, búscalo en la red.

Atentamente, el **GRUPO CALAPENSHKO**

18 de agosto del 2020

LOS NUCLEOSOMAS: UNIDADES ESTRUCTURALES DE LA CROMATINA



c. Nucleolo

Es un corpúsculo nucleoproteico no membranoso que se encuentra suspendido en el nucleoplasma y está compuesto de ADN, ARN y proteínas. Lleva a cabo la síntesis de ARN ribosómicos y el ensamblaje de las subunidades de los ribosomas.

Los nucleolos se organizan a partir de una porción de cromatina denominada región organizadora del nucleolo (RON) u organizador nucleolar.

En micrografías electrónicas de corte delgado, pueden distinguirse cuatro fracciones: la zona granular, la zona fibrilar, la zona de la cromatina nucleolar y la matriz nucleolar.

- **Zona granular.** Contiene gránulos, los cuales representan a las subunidades ribosómicas 40S y 60S. Se ubica en la periferie del nucleolo.
- **Zona fibrilar.** Constituida por filamentos de ARN ribosómico asociados a proteínas.
- **Zona de cromatina nucleolar.** Consta de asas cromatínicas dispersas.
- **Matriz nucleolar.** Es la fracción coloidal donde se encuentran suspendidos los demás componentes del nucleolo. Contiene abundantes proteínas ribosómicas, nucleótidos trifosfatados e iones.

ESTRUCTURA		DESCRIPCIÓN	FUNCIONES
Núcleo	Nucleolo	Cuerpo granular formado por ARN ribosomal y proteínas.	Lugar donde se sintetiza el ARN ribosomal y se ensamblan las subunidades ribosomales.
	Cromatina	Constituido por un complejo de ADN y proteínas básicas llamadas histonas. Se condensa durante la división celular, de ahí toma el nombre de cromosoma.	En su forma condensada (cromosoma) se les conoce como los portadores de genes.
Membrana citoplasmática	Bicapa lipídica	Membrana laminar delgada, bimolecular, de lípidos anfipáticos, es decir que tienen una región hidrófoba y otra hidrófila.	Regulan el intercambio de sustancias permitiendo la permeabilidad selectiva. Permiten la comunicación con otras células. Regulan las reacciones bioquímicas.
	Proteínas de membrana	En la membrana, las proteínas desempeñan diversas funciones: transportadoras, receptoras, conectoras, etc.	
Sistema de endomembranas	Retículo endoplasmático rugoso	Con ribosomas adheridos a la superficie externa.	Sintetiza proteínas de exportación.
	Retículo endoplasmático liso	Carece de ribosomas en la superficie externa.	Sintetiza lípidos, detoxifica proteínas, almacena iones de calcio.
	Aparato de Golgi	Están constituidos por sacos membranosos aplanados y apilados.	Modifica proteínas, empaca proteínas secretadas, forma lisosomas.
Organelas	Cloroplasto	Constituido por una doble membrana que encierra a los tilacoides. Contienen pigmentos como la clorofila.	Lugar donde se realiza la fotosíntesis.
	Mitocondria	Están constituido por una doble membrana. La membrana interna se pliega para formar la cresta mitocondrial y rodear la matriz citoplasmática.	Lugar donde ocurre la mayoría de reacciones de la respiración celular.
	Lisosoma	Constituidc de una sola membrana. Presente en animales.	Contienen enzimas que degradan materiales ingeridos (digestión celular)
	Peroxisoma	Constituido de una sola membrana. Contienen diversas enzimas como la catalasa y la peroxidasa.	Formación y degradación del peróxido de hidrógeno Degradación de ácidos grasos.
	Glioxisoma	Constituido de una sola membrana (presente solo en vegetales)	Participa en la conversión de lípidos en glúcidos.
	Vacuolas	Constituido de una sola membrana. Presente principalmente en plantas, hongos y algas.	Almacena materiales, residuos, agua, sales, gases; mantienen la presión hidrostática.
	Ribosoma	Están constituido por ARN y proteínas.	Se encarga de la síntesis de proteínas.
	Centrosoma	Constituido por un par de centriolos, cada una consta de nueve tripletes de microtúbulos (estructura 9x3).	El huso mitótico se forma entre los centriolos durante la división celular (en animales)
	Cilios	Proyecciones relativamente cortas que se extienden desde la superficie de la célula. Estructura: 9+2	Movimiento de algunos organismos unicelulares; utilizados para mover materiales sobre la superficie de algunos tejidos.
	Flagelos	Proyecciones relativamente largas que se extienden desde la superficie de la célula. Estructura: 9+2	Locomoción celular de espermatozoides y algunos eucariontes unicelulares.

Los receptores de membrana no actúan solos

Los receptores de quimioquinas son proteínas de la membrana celular, son clave en muchos procesos biológicos porque orientan y dirigen el movimiento de la célula. No actúan de manera individual, ni tampoco en parejas, como se pensaba hasta ahora, sino que forman agregados de hasta diez unidades para llevar a cabo su función de una manera más eficiente. Es lo que indica un estudio publicado en *Molecular Cell* que analiza la dinámica y la disposición de CXCR4 en la membrana celular. Los autores sugieren que impedir la agregación de estos receptores podría utilizarse como base para nuevas estrategias terapéuticas contra enfermedades en las que CXCR4 juega un papel importante como la metástasis tumoral, enfermedades autoinmunes o el SIDA (CXCR4 es uno de los receptores usado por algunas cepas de VIH para infectar las células).

El trabajo, llevado a cabo por investigadores del Centro Nacional de Biotecnología del CSIC (CNB-CSIC) en colaboración con el ICFO (Instituto de Ciencias Fotónicas) de Barcelona y el CNIC (Centro Nacional de Investigaciones Cardiovasculares Carlos III) de Madrid, demuestra que la asociación de estos receptores en grupos posibilita la activación completa de la maquinaria de señalización celular necesaria para que la célula se oriente y desplace correctamente. "Estos agregados son más activos que los receptores individuales o en pareja, –asegura Mario Mellado, director del trabajo e investigador del CNB-CSIC–. Además, es un mecanismo que permite a la célula adaptarse muy rápidamente a cambios en el ambiente en que vive y responder de manera muy efectiva".

Los científicos también han identificado pequeños péptidos capaces de impedir la formación de estos agregados, bloqueando así la función celular. "Estos resultados posibilitan el desarrollo de nuevas terapias basadas en compuestos que interfieren en la formación de agregados de receptores de quimioquinas específicos. Es una estrategia que podría ser utilizada para atajar enfermedades como el cáncer, la infección por VIH o enfermedades autoinmunes", explica Mellado.

Para realizar este trabajo se han utilizado técnicas de imagen óptica avanzada y estudios biofísicos. Gracias a ellas se ha observado que al estimular el receptor CXCR4 con su ligando (molécula que se une al receptor) incrementa el tamaño de los agregados y disminuye el número de monómeros (receptores individuales) y dímeros (receptores en pareja). Los resultados del estudio señalan que este proceso de agregación también se ve influido por la actina, una proteína que forma parte del esqueleto de la célula. Todos estos factores regulan y controlan la formación de agrupaciones de CXCR4 en la superficie celular y, como consecuencia, la activación de la maquinaria de señalización necesaria para promover una función completa en la célula.

Adaptado de <http://www.cnb.csic.es/>

Preguntas resueltas

Pregunta 1

Correlacione a los científicos y sus respectivos aportes y descubrimientos.

I. Robert Hooke
II. Matthias Shleiden
III. Theodor Shwann
IV. Rudolf Virchow

a. Generalizó que las células solo pueden surgir de células preexistentes.
b. Concluyó que todos los tejidos vegetales consisten en masas organizadas de células.
c. Es uno de los autores de la teoría celular.
d. Acuña el término *célula*.

A) Ia, IIb, IIIc, IVd
B) Ib, IIa, IIIc, IVd
C) Ib, IIa, IIId, IVc
D) Id, IIa, IIIb, IVc
E) Id, IIb, IIIc, IVa

Resolución

El término *célula* fue acuñada por Robert Hooke en el año 1665. El botánico alemán Matthias Schleiden, quien señaló que todos los tejidos vegetales consisten en masas organizadas de células, y el zoólogo alemán Theodor Schwann plantearon la teoría celular (1838-1839); posteriormente, el patólogo alemán Rudolf Virchow planteó que todas las células se originan a partir de otras células preexistentes.

Clave E

Pregunta 2

Roger es un microbiólogo que está observando al microscopio un grupo de células; de pronto se percata que su material genético no están cubierto por ninguna membrana por lo cual Roger concluye que está observando

A) hongos.
B) eubacterias.
C) euglenas.
D) diatomeas.
E) protozoos.

Resolución

Existen dos tipos de células, las procariotas y las eucariotas. Las células procariotas no tienen núcleo por lo que constituyen la forma más sencilla de organización celular. Un ejemplo de organismos unicelulares procariotas son las eubacterias que forman parte del reino Moneria.

Clave B

Pregunta 3

Las paredes de las células vegetales están perforadas por canales denominados plasmodesmos cuya principal función es

A) comunicar los ambientes químicos de células adyacentes.
B) unir fuertemente a las células adyacentes.
C) seleccionar los solutos que entran y salen de las células.
D) impedir el ingreso y salida del líquido extracelular.
E) disminuir los efectos de la presión osmótica.

Resolución

Los plasmodesmos son canales que se localizan a nivel de la pared celular. Su función es la de comunicar los ambientes químicos de células adyacentes.

Clave A

Lumbreras Editores

Pregunta 4

El reconocimiento celular durante las reacciones inmunitarias y su capacidad para diferenciar entre un tipo de célula vecina de otra son funciones del

A) glutamato.
B) fosfoglicéridos.
C) glucocálix.
D) N-acetilglucosamida.
E) gangliósidos.

Resolución

El glucocálix está compuesto principalmente de cadenas cortas de azúcares y péptidos. Gran parte de los componentes moleculares posee carga eléctrica relativa que permite su asociación con iones de cargas opuestas. Su función está relacionado con [illegible] un tipo de célula vecina de otra.

Clave C

Pregunta 5

La membrana celular está constituido mayoritariamente de

A) fosfolípidos.
B) esteroides.
C) proteínas.
D) lecitinas.
E) glucolípidos.

Resolución

La membrana celular es de naturaleza lipoproteica; esto quiere decir que está constituido de proteínas mayoritariamente y lípidos como la lecitina (fosfolípidos). En ella también se observan esteroides como el colesterol si es el caso de células animales.

Clave C

Pregunta 6

Una de las propiedades de la membranas es su fluidez. Esta se debe principalmente a la

A) asimetría de la membrana.
B) presencia de ácidos grasos saturados.
C) presencia de ácidos grasos no saturados.
D) abundancia de fosfolípidos.
E) abundancia de esteroides como el colesterol.

Resolución

El estado fluido de la membrana depende de sus componentes lipídicos, por ejemplo los fosfolípidos con ácidos grasos insaturados determinan la fluidez y los esteroides como el colesterol actúan como estabilizadores de la fluidez.

Clave C

Pregunta 7

Durante las horas de luz [illegible] de la célula vegetal, como consecuencia de la solidificación del coloide y la activación de los microfilamentos se genera una corriente citoplasmática que transporta las organelas alrededor de la vacuola central. A este proceso se le denomina

A) tixotropía.
B) ciclosis.
C) movimiento browniano.
D) secreción celular.
E) exocitosis.

Resolución

En las células vegetales de la planta denominada elodea, se observa un movimiento cíclico durante las horas de luz llamado ciclosis. La ciclosis es importante en las células vegetales porque permite una distribución de materiales en la célula vegetal.

Clave B

Lumbreras Editores

Pregunta 8

Con respecto a la matriz citoplasmática de una célula eucariota, determine la secuencia correcta del valor de verdad (V o F).

I. Posee un citoesqueleto de naturaleza proteica.
II. Una de sus propiedades es la tixotropía.
III. En la porción diluida del coloide hay mayor actividad metabólica.
IV. El citogel es la porción más viscosa del coloide.

A) VVVF B) FFFV C) VFVF
D) VVFF E) VVVV

Resolución

La matriz citoplasmática de una célula eucariota está constituido por el coloide celular y el citoesqueleto de naturaleza proteica. En el coloide se distinguen dos formas de agregación, el citogel y el citosol; este último es la porción diluida del coloide, en él se lleva a cabo la mayor actividad metabólica de la célula. Una de las propiedades de la matriz es la tixotropía que consiste en convertir el citogel, que es la porción más viscosa del coloide, a citosol y viceversa.

Clave B

Pregunta 9

El sistema de endomembranas incluye la envoltura nuclear, el retículo endoplasmático y el aparato de Golgi. Este último se encarga de

A) la desintoxicación de fármacos y sustancias tóxicas.
B) almacenar iones de calcio.
C) formar proteínas que formarán parte de las membrana.
D) modificar químicamente, empaca y distribuye las proteínas.
E) dar origen a los ribosomas.

Resolución

En 1898, el microscopista Camillo Golgi describió por primera vez a lo que ahora se denomina el aparato de Golgi, tras lograr un método para teñir de manera específica dicha organela. El aparato de Golgi contiene numerosos sacos membranosos aplanados con espacios internos separados e interconectados. Esta organela funciona sobre todo como procesador, clasificador y modificador de proteínas.

Clave D

Pregunta 10

Muchos tipos de células especializadas secretan proteínas producidas a nivel del retículo endoplasmático rugoso. Por ejemplo ciertas células del páncreas secretan la proteína con función hormonal denominada insulina a la corriente sanguínea. Esta función del retículo es posible gracias a

A) la presencia de ribosomas adheridas en su membrana.
B) su propiedad de empaque y modificación de proteínas.
C) la presencia de aminoácidos en su membrana.
D) la presencia de enzimas proteasas en su membrana.
E) la cercanía con el aparato de Golgi.

Resolución

El retículo endoplasmático rugoso tiene ribosomas adheridos a su membrana que le dan su aspecto áspero. Su función central es la de producir proteínas que salen de la célula como por ejemplo la insulina que es producida por las células pancreáticas y liberada al torrente sanguíneo.

Clave A

Lumbreras Editores

Preguntas propuestas

1. Aarón es un estudiante del primer ciclo en medicina y en su práctica de laboratorio su profesor le ha dicho que observe al microscopio una muestra extremadamente delgada de lámina de corcho. En ese momento Aarón se acordó inmediatamente de sus clases de biología en su preparación pre universitaria y evocó al científico inglés que observó algo similar. Indique a qué científico se refiere.

A) Anton van Leeuwenhoek
B) Matthias Schleiden
C) Robert Hooke
D) Zacharias Jannsen
E) Rudolph Virchow

2. Relacione los siguientes enunciados y marque la alternativa correcta.

I. pared con péptidoglicano
II. pared con celulosa
III. pared con quitina
IV. pared con alginatos

a. algas
b. bacterias
c. plantas
d. hongos

A) Ia, IIb, IIIc, IVd
B) Ia, IIb, IIId, IVc
C) Ia, IId, IIIc, IVb
D) Ib, IIc, IIIa, IVd
E) Ib, IIc, IIId, IVa

3. Las células eucarióticas difieren de las procariontes de muchas maneras; por ejemplo, los eucariontes son más grandes que las procariontes, pues normalmente miden más 10 micras de diámetro. ¿Qué otra diferencia hay entre estas células?

A) Los ribosomas solo están en las células eucarióticas.
B) Las células procariotas carecen de un sistema de endomembranas.
C) La membrana de una célula procariótica está provisto de colesterol.
D) Las células eucarióticas tienen un citoplasma sin citoesqueleto.
E) El ADN de una célula procariótica es lineal y está asociado a histonas.

4. Con respecto a la membrana celular, señale la secuencia correcta del valor de verdad (V o F).

I. Permite el flujo constante de sustancias entre el citoplasma y el medio extracelular.
II. Su fluidez está determinado por las proteínas integrales.
III. Los ácidos grasos insaturados de los fosfolípidos disminuyen su fluidez.
IV. Su cara interna presenta glúcidos asociados a lípidos y proteínas.

A) VVVF B) VVVF C) VFVF
D) VVFF E) VFFF

5. Con respecto al citoplasma y sus características, indique el enunciado correcto.

A) Un componente de la matriz citoplasmática en todas las células es el citoesqueleto.
B) La matriz citoplasmática contiene agua, iones, metabolitos de bajo peso molecular y macromoléculas.
C) En el citosol se produce una mínima parte de las funciones citoplasmáticas.
D) El citoesqueleto está constituido fundamentalmente de lípidos y priteínas.
E) El citoplasma de células procarióticas poseen organelas rodeados por una membrana.

Lumbreras Editores

6. Las propiedades coloidales de la célula como las transformaciones básicas de citosol a citogel se denominan

A) fenómeno tyndall.
B) movimiento browniano.
C) turgencia
D) tixotropía.
E) anfoterismo.

7. Una de las funciones del retículo endoplasmático liso tiene que ver con transformar las drogas liposolúbles, que tienden a ingresar a la célula e integrarse a las membranas, en compuestos hidrosolubles pasibles de ser eliminados rápidamente del organismo por diversas vías, principalmente con la orina. A esta función del retículo liso se le denomina

A) exocitosis.
B) destoxificación.
C) glucosilación.
D) turgencia.
E) desaminación.

8. Los ribosomas están adheridos a la membrana del retículo endoplasmático rugoso gracias a la proteína

A) lecitina.
B) mureína.
C) citocromo P450.
D) riboforina.
E) tubulina.

9. El dictiosoma en su conjunto forman el

A) aparato de Golgi.
B) sistema de endomembranas.
C) retículo endoplasmático.
D) centrosoma.
E) polirribosoma.

10. La apoptosis se define como la muerte celular programada genéticamente. Durante ese evento de muerte o "suicidio celular", la organela que participa activamente es

A) la mitocondria.
B) el peroxisoma.
C) la vacuola.
D) el centrosoma.
E) el lisosoma.

11. En 1949, De Duve aisló en un laboratorio una clase de partículas que tenían propiedades de centrifugación intermedias entre las mitocondrias y los microsomas, y en las cuales se encontró un alto contenido de fosfatasa ácida y otras enzimas hidrolíticas. Las partículas a las que se refería De Duve son los

A) ribosomas.
B) peroxisomas.
C) lisosomas.
D) glioxisomas.
E) centrosomas.

12. Con respecto a los peroxisomas, indique la secuencia correcta del valor de verdad (V o F).

I. Son organelas presentes en todo tipo de célula.
II. Están limitados por una sola membrana.
III. Intervienen en la formación y descomposición del peróxido de hidrógeno.
IV. Son originados por el aparato de Golgi.

A) VVVV
B) VVVF
C) FVVF
D) FFVV
E) FFFV

Lumbreras Editores

13. En las células hepáticas y renales la catalasa actúa también como una enzima desintoxicante. Para ello, ante la presencia de ciertos tóxicos, en lugar de convertir al H_2O_2 en H_2O y O_2, utiliza el H_2O_2 para oxidarlos y así neutralizar su toxicidad. Esta enzima está presente en la organela

A) peroxisoma.
B) glioxisoma.
C) lisosoma.
D) ribosoma.
E) centrosoma.

14. Respecto a las mitocondrias, indique la secuencia correcta del valor de verdad (V o F) de las siguientes proposiciones:

I. Son consideradas organelas semiautónomas.
II. Poseen una sola membrana.
III. Su matriz acuosa está provisto de enzimas.
IV. En ellas se da el ciclo de Krebs.

A) VVVV
B) VVVF
C) VVFF
D) VFVV
E) VFVF

15. Las tres cuartas partes o más del volumen de muchas células vegetales están ocupadas por una gran vacuola central que cumplen diversas funciones. La vacuola central está llena de agua y participa en el equilibrio hídrico. Indique qué otras funciones realiza esta organela.

A) Es un almacén para los desechos peligrosos que la célula no puede excretar.
B) Realizan la aptoptosis en células dañadas.
C) Contiene enzimas hidrolíticas y residuos degradados.
D) Producen ATP a partir de las moléculas energéticas contenidas en ella.
E) Contiene pequeños ribosomas que forman péptidos de cadenas cortas.

16. Durante la germinación de semillas, las organelas llamadas glioxisomas participan en

A) la conversión de lípidos a glúcidos.
B) el ciclo del ácido cítrico.
C) la fosforilación oxidativa.
D) el ciclo de Cori.
E) la glucosilación.

17. Algunos alcaloides muy conocidos es la coniína que se obtiene de la semilla de la cicuta (*Conium maculatum*). En la ejecución del filósofo griego Sócrates se utilizó un veneno hecho en base a la coniína. Este alcaloide se concentra a nivel celular en

A) el glioxisoma.
B) el peroxisoma.
C) la vacuola.
D) el aparato de Golgi.
E) los plastidios.

18. Relacione las organelas con sus respectivas características.

I. centrosoma
II. ribosoma
III. cloroplasto

a. Rodeado por una doble membrana.
b. Presenta dos subunidades.
c. Posee un par de centriolos

A) Ic, IIb, IIIa
B) Ic, IIa, IIIb
C) Ib, IIa, IIIc
D) Ib, IIc, IIIa
E) Ia, IIb, IIIc

Lumbreras Editores

twitter.com/calapenshko

CAPÍTULO VI

TRANSPORTE A TRAVÉS DE MEMBRANA

Objetivos

- Comprender la importancia de las membranas celulares en el intercambio de sustancias con su entorno.
- Explicar los fundamentos fisicoquímicos del transporte de sustancias a través de las membranas.
- Aplicar los conocimientos del transporte a través de membranas para comprender procesos biológicos fundamentales en plantas y animales.

Introducción

Para realizar las diversas reacciones químicas necesarias para sostener la vida, la célula debe mantener adecuadamente su medio ambiente interno con una composición iónica y molecular característica, la cual es muy distinta a la del medio extracelular.

Como cada célula está rodeada por una membrana plasmática que físicamente la separa del mundo exterior y la define como una entidad distinta, el transporte a través de la membrana es necesaria para las funciones vitales, como la absorción de nutrientes, el intercambio gaseoso, la salida de sustancias de desecho o productos de secreción, entre otros.

Las membranas suponen una barrera a la libre difusión de iones y moléculas cargadas eléctricamente. Sin embargo, la mayoría de las moléculas con actividad biológica, tales como iones, azúcares, péptidos e incluso lípidos, cruzan la membrana de forma selectiva para desempeñar sus funciones. La permeabilidad selectiva es esencial para que la célula pueda obtener nutrientes, eliminar desechos y mantener un ambiente interno estable, diferente de su entorno.

Algunas alteraciones genéticas conducen a la formación de proteínas anormales, muchas de las cuales son proteínas que participan en el transporte a través de la membrana, y a consecuencia de esto es posible que se originen enfermedades como algunas formas de raquitismo, osteomalacia, síndrome de Fanconi, etc. Sin embargo, el conocimiento a escala molecular del transporte a través de membranas también permite proponer formas de administración de fármacos y su distribución en el organismo.

1▸ MEMBRANA Y TRANSPORTE A TRAVÉS DE SUSTANCIAS

La membrana plasmática constituye la frontera física de la célula, por lo que todas las sustancias que entren o salgan de la misma deberán de un modo u otro atravesar esta barrera. Por otra parte, el interior de la célula y el medio extracelular difieren en su composición química, por ello, la membrana plasmática deberá ejercer un riguroso control sobre los iones o moléculas que la atraviesan.

Las células mantienen una composición iónica interna muy diferente a la del medio extracelular, esta diferencia es fundamental para la supervivencia y el funcionamiento celular, por lo cual es de gran importancia que el transporte de iones a través de membranas celulares mantenga esa diferencia. En una célula típica del mamífero, el catión más abundante en el medio extracelular es el Na^+, mientras que en el interior celular es el K^+; el anión más abundante en el medio extracelular es el Cl^-, y en el medio intracelular es el fosfato (PO_4^{-3}) y los aniones fijos como las proteínas.

COMPARACIÓN ENTRE LAS CONCENTRACIONES DE IONES EN EL INTERIOR Y EL EXTERIOR DE UNA CÉLULA TÍPICA DE MAMÍFERO

Componente	Concentración intracelular (mM)	Concentración extracelular (mM)
cationes		
$Na+$	5-15	145
$K+$	140	5
Mg^{+2}	0,5	1-2
Ca^{+2}	10^{-7}	1-2
$H+$	70×10^{-5} ($10^{-7,2}$ M o *p*H 7,2)	4×10^{-5} ($10^{-7,4}$ M o *p*H 7,4)
aniones		
Cl^-	5-15	110
aniones fijos	alta	0

2▸ BASES FISICOQUÍMICAS DEL TRANSPORTE A TRAVÉS DE MEMBRANA

Algunas sustancias ingresan o salen de las células y se distribuyen dentro de ellas por un movimiento aleatorio, denominado difusión, que tiene sus bases fisicoquímicas en la cinética molecular de los fluidos y el gradiente electroquímico.

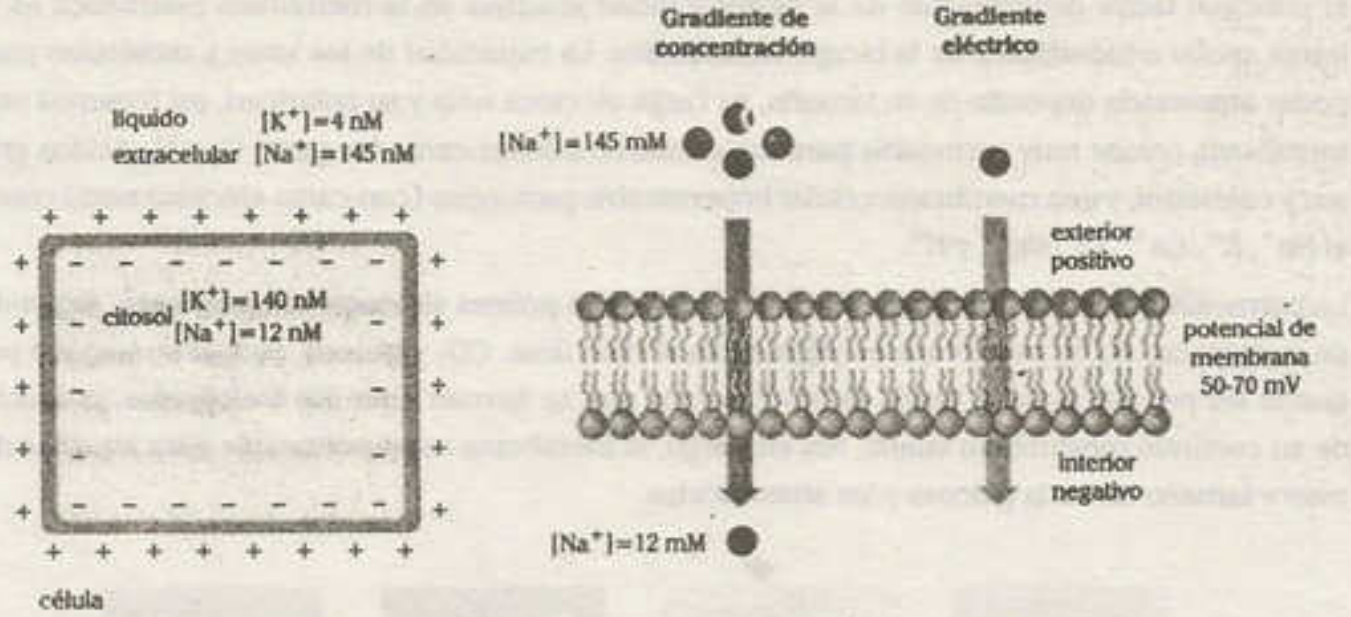
2.1. FLUIDOS Y CINÉTICA MOLECULAR

Los átomos, moléculas e iones que conforman una sustancia poseen energía cinética que les permite estar en constante movimiento. A diferencia de los sólidos, donde las enormes fuerzas de atracción entre sus partículas les permiten vibrar, pero no desplazarse; en los líquidos, las atracciones intermoleculares son mas débiles, y las partículas se mueven con gran libertad. Más aún, en los gases, las fuerzas intermoleculares son despreciables y el movimiento molecular es aleatorio e intenso.

2.2. GRADIENTE ELECTROQUÍMICO

La desigual distribución de iones y moléculas entre ambos lados de la membrana es la base para la creación de los gradientes químicos y eléctricos entre ellos. En conjunto se les denomina gradiente electroquímico, el cual es responsable del movimiento de dichos iones y moléculas a través de membranas.

El gradiente químico, también denominado gradiente de concentración, se establece cuando entre ambos lados de la membrana se presenta una diferencia de concentración de iones o moléculas. Cuando se trata de iones, la diferencia de cargas eléctricas entre ambos lados de la membrana establece adicionalmente un gradiente eléctrico, también denominado potencial de membrana y en las células animales ronda entre los 50 y 70 mV, siendo el interior electronegativo, en relación al medio extracelular que es electropositivo.



Gradiente electroquímico del Na^+

2.3. DIFUSIÓN

El movimiento neto de las partículas a favor de su propio gradiente de concentración, desde la región de mayor concentración a una de menor concentración se denomina difusión. Este movimiento neto conduce hacia un estado de equilibrio dinámico donde las partículas están distribuidas de manera uniforme y se mueven con la misma rapidez en todas direcciones.

1 Cuando se deja caer un terrón de azúcar en el vaso de agua pura, las moléculas de azúcar empiezan a disolverse y se difunden a través del agua.

2 Las moléculas de azúcar continúan disolviéndose y se difunden en toda el agua.

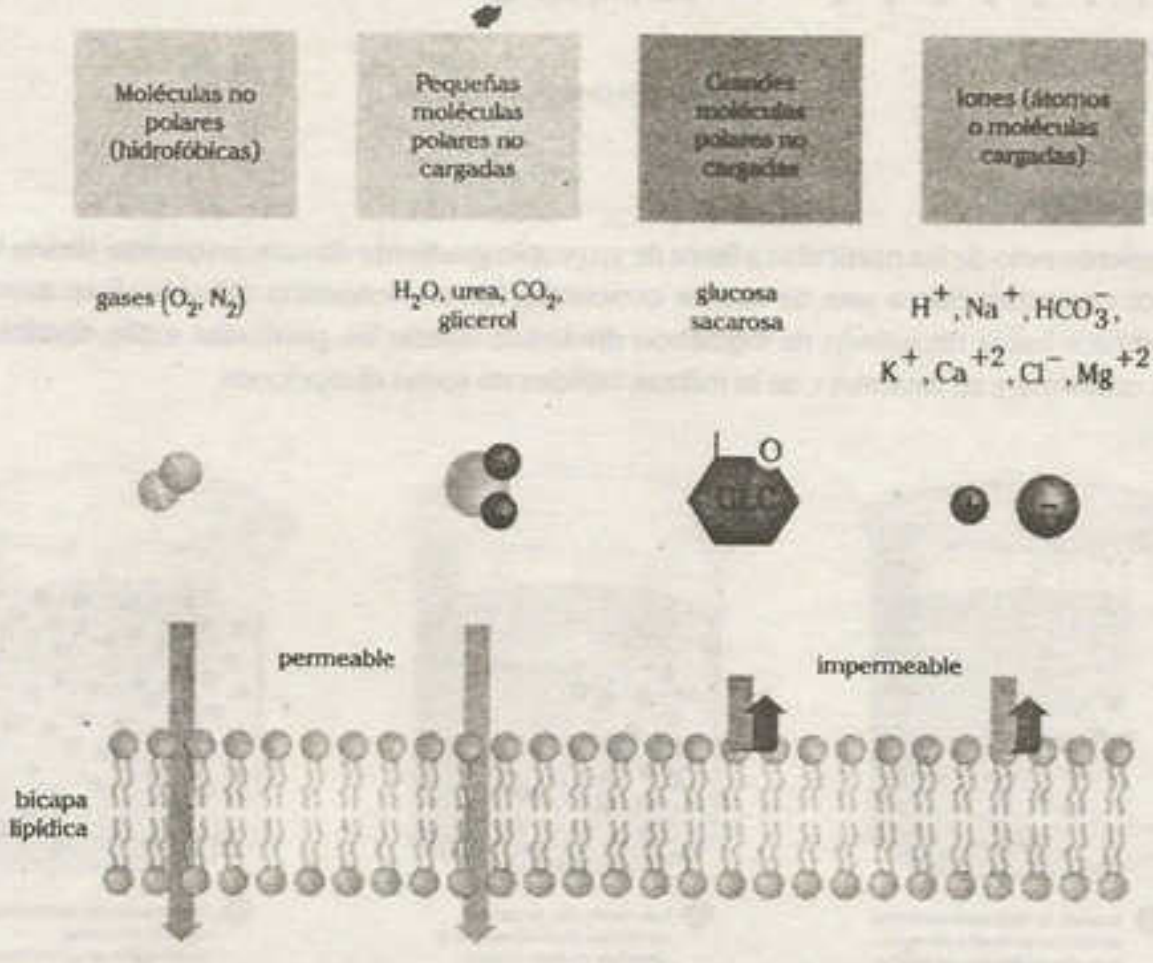
3 Finalmente, las moléculas de azúcar quedan distribuidas aleatoriamente en el agua.

3▸ PERMEABILIDAD DE LA MEMBRANA

Las membranas celulares son semipermeables, es decir poseen permeabilidad selectiva y dejan que algunas sustancias pasen a través de ellas. Cabe mencionar que en respuesta a las diversas condiciones ambientales o las necesidades de la célula, una membrana puede ser una barrera para una sustancia particular en un momento y promover activamente su paso en otro momento.

El principal factor determinante de la permeabilidad selectiva de la membrana plasmática es la franja apolar o hidrofóbica de la bicapa fosfolipídica. La capacidad de los iones y moléculas para poder atravezarla depende de su tamaño, su carga electrica neta y su polaridad, así temenos una membrana celular muy permeable para moléculas no polares como los gases O_2 y N_2, ácidos grasos y colesterol, y una membrana celular impermeable para iones (con carga eléctrica neta) como el Na^+, K^+, Ca^{+2}, Cl^-, Mg^{+2} y H^+.

La permeabilidad de la membrana hacia las moléculas polares sin carga eléctrica neta, depende de su tamaño; así, la membrana es permeable al H_2O, úrea, CO_2 y glicerol, ya que su tamaño pequeño les permite pasar a través de los espacios que se forman entre los fosfolípidos, producto de su continuo movimiento lateral. Sin embargo, la membrana es impermeable para aquellas de mayor tamaño como la glucosa y los aminoácidos.



Permeabilidad de la bicapa lipídica a diferentes tipos de moléculas.

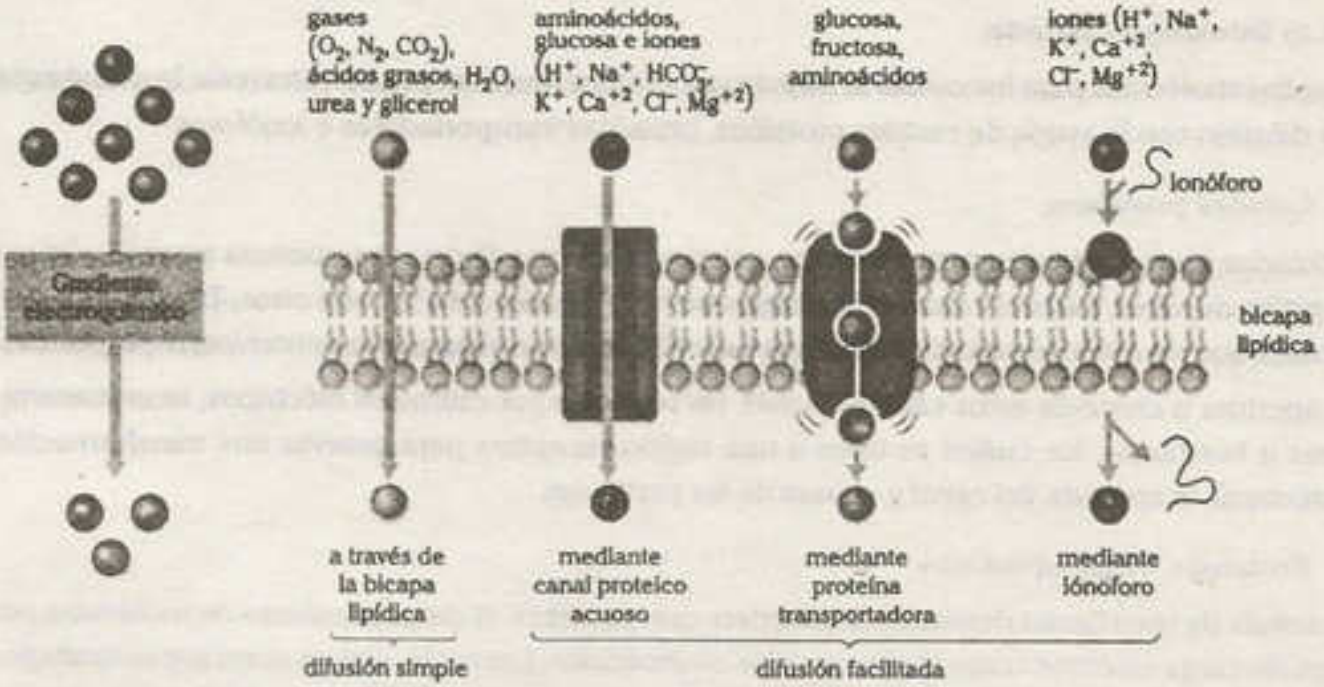
4› MECANISMOS DE TRANSPORTE A TRAVÉS DE MEMBRANA

Existen dos procesos con diferencias fundamentales por los cuales las sustancias atraviesan las membranas celulares: los procesos de transporte pasivo y activo.

Mecanismo de transporte	¿Requiere energía externa?	Fuerza impulsora	¿Requiere proteínas de membrana?	Especialidad
difusión simple	no	con gradiente de concentración	no	inespecífica
difusión facilitada	no	con gradiente de concentración	sí	específica
transporte activo	sí	hidrólisis de ATP (en contra del gradiente de concentración)	sí	específico

4.1. TRANSPORTE PASIVO

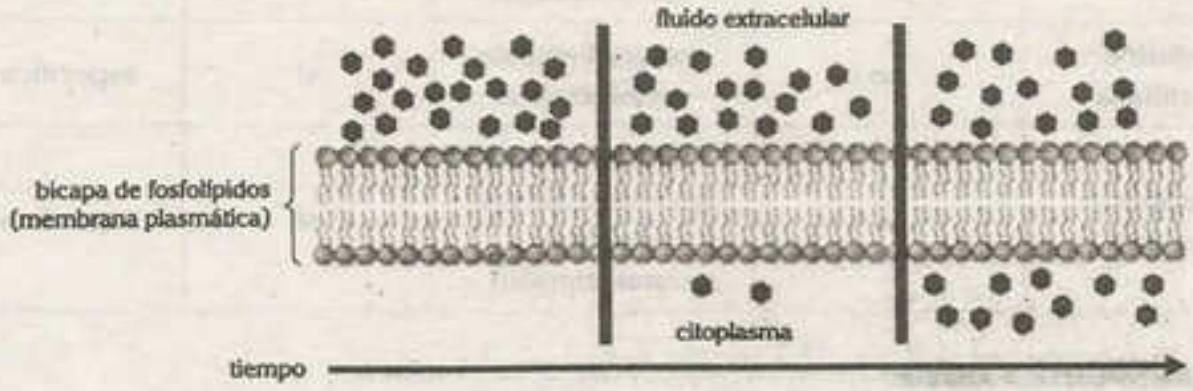
El transporte pasivo no requiere que la célula gaste energía metabólica o ATP, ya que la energía para estos procesos se halla en las propias partículas y en la fuerza motriz generada por la gradiente de concentración en ambos lados de la membrana. En el transporte pasivo se diferencian dos formas: la difusión simple y la difusión facilitada.



Mecanismos de transporte pasivo, a través de la bicapa lipídica o mediante la participación de distintos tipos de proteínas transportadoras.

4.1.1. Difusión simple

Se denomina así cuando las moléculas pasan por difusión a través de la bicapa fosfolipídica de la membrana y no requieren moléculas especializadas para el transporte. Entre las moléculas que pueden atravesar la membrana celular por este mecanismo tenemos a los gases como el O_2 y el N_2, favorecidos por la alta energía cinética de sus partículas; también las moléculas apolares liposolubles como ácidos grasos, vitaminas liposolubles (A, D, E y K) y hormonas esteroideas. Por último, algunas moléculas polares sin carga eléctrica neta, tales como el agua, urea y etanol pueden atravezar la bicapa fosfolipídica debido a su tamaño pequeño, aprovechan el espacio transitorio formado por el movimiento lateral de fosfolípidos.



Movimiento molecular a favor de la gradiente de concentración, sin gasto de ATP celular

El intercambio de gases a nivel de la membrana alveolocapilar en los pulmones ocurre mediante difusión simple, el O_2 difunde hacia la sangre al ser más concentrado en el aire; mientras el CO_2 difunde hacia el aire al ser más concentrado en la sangre que llega desde todo el organismo. Este proceso de intercambio gaseoso se denomina hematosis.

4.1.2. Difusión facilitada

Aquellas moléculas para los cuales la membrana es impermeable, pueden atravesar la membrana por difusión con la ayuda de canales proteicos, proteínas transportadoras e ionóforos.

a. Canales proteicos

Formadas por proteínas transmembranas, estas poseen un orificio cuya apertura permite el paso selectivo de iones, tal es el caso de los canales de Na^+, canales de K^+, entre otros. También existen canales que permiten el paso de moléculas específicas como el agua y se denominan acuaporinas.

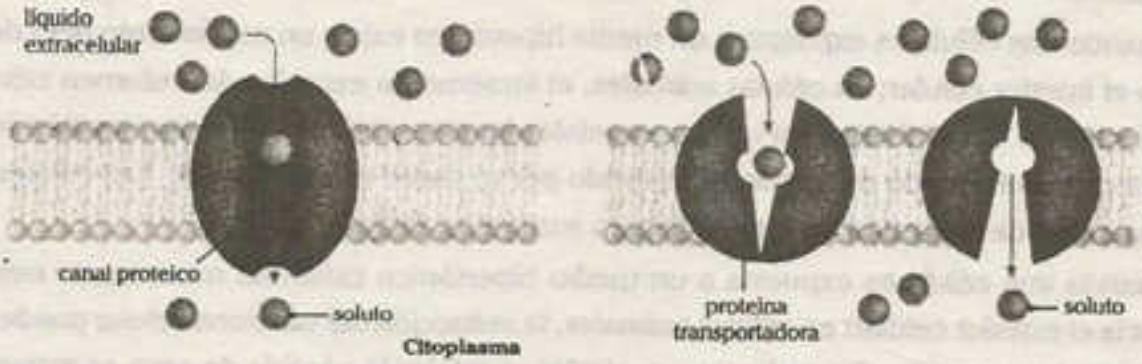
La apertura o cierre de estos canales puede ser regulada por estímulos eléctricos, neurotransmisores u hormonas, los cuales se unen a una región receptora para generar una transformación estructural, la apertura del canal y el paso de las partículas.

b. Proteínas transportadoras

Proteínas de membrana denominadas carriers que permiten el desplazamiento de moléculas polares sin carga eléctrica como la glucosa y los aminoácidos. Las moléculas se unen al transportador en un lado de la membrana, provoca un cambio en la estructura terciaria del transportador, es movilizado y liberado hacia el otro lado de la membrana.

e. Ionóforo

Es una molécula liposoluble sintetizada por microorganismos para transportar iones a través de la bicapa lipídica. Algunos como la valinomicina se unen a un ion enmascarando su carga eléctrica y facilitan su paso a través de la membrana. Otros como la gramicidina forman canales que permiten el paso del ion a través de la membrana, evitando la zona hidrofóbica. En el laboratorio, los ionóforos son utilizados para aumentar la permeabilidad de las membranas biológicas a ciertos iones y también son usados como antibióticos.

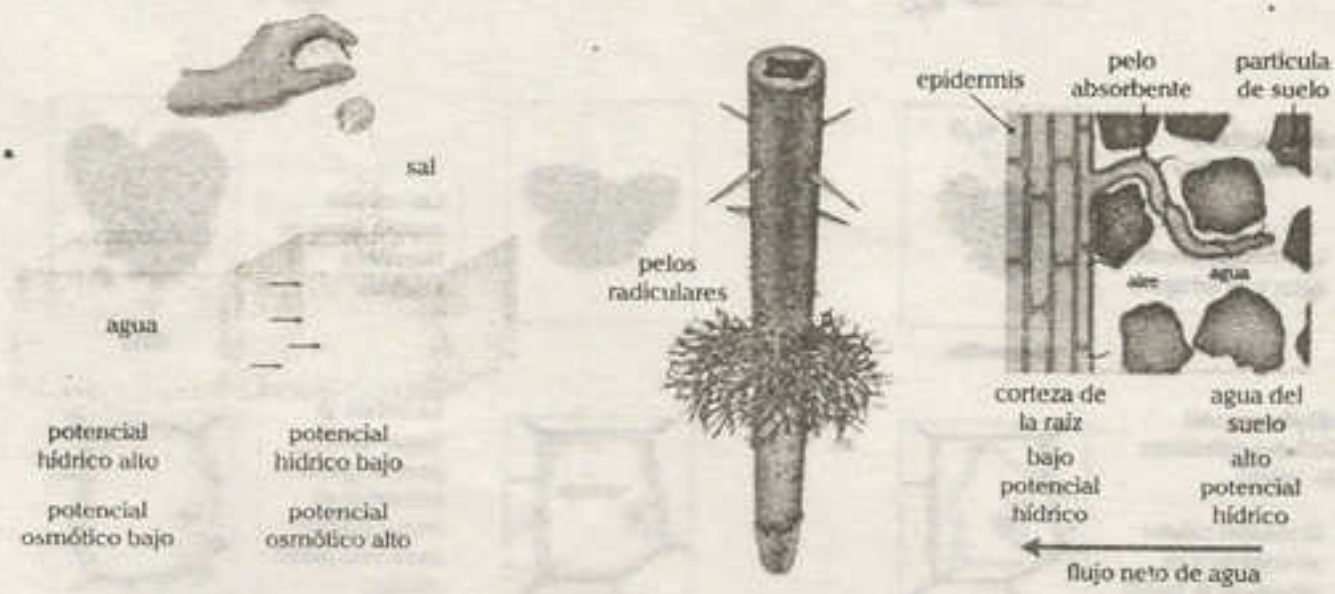


Dos tipos de proteínas de transporte que llevan a cabo de difusión facilitada.

4.1.3. Osmosis

Es un tipo especial de difusión que implica el movimiento neto de agua a través de una membrana semipermeable hacia una zona de mayor concentración relativa de solutos. La presión osmótica de una solución se define como aquella presión que debe ejercerse para impedir dicha ósmosis.

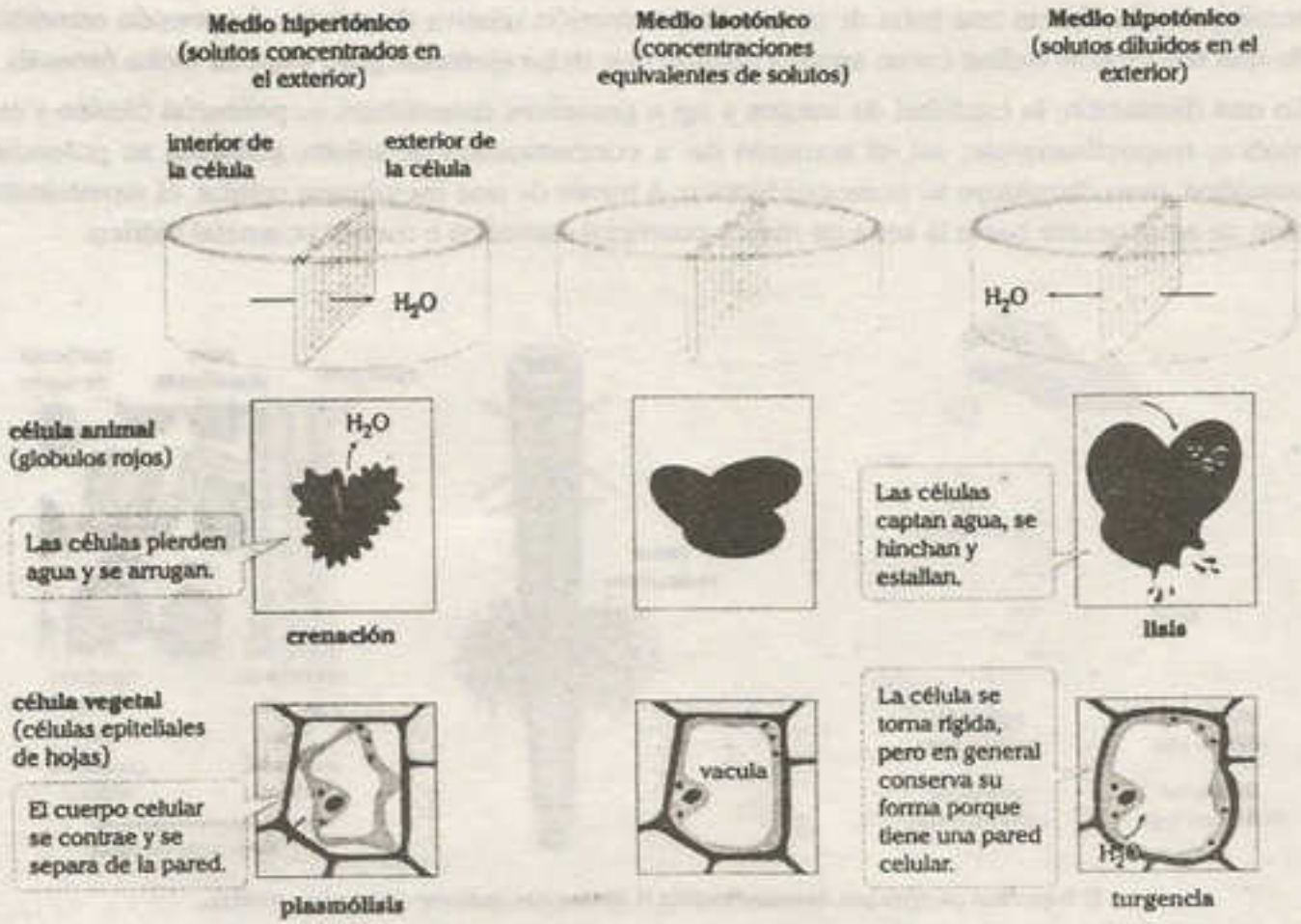
En una disolución, la cantidad de solutos y agua presentes determinan su potencial hídrico y osmótico, respectivamente; así, el aumento de la concentración de soluto, aumenta su potencial osmótico, pero disminuye su potencial hídrico. A través de una membrana celular, el movimiento neto de agua ocurre hacia la zona de mayor potencial osmótico o menor potencial hídrico.



El flujo neto de agua por ósmosis explica la absorción radicular de agua en plantas.

La tonicidad se refiere a las concentraciones relativas de solutos en dos líquidos separados por una membrana semipermeable. Así, cuando el medio exterior tiene la misma concentración de solutos que la célula se dice que son isotónicos y no existe un movimiento neto de agua por lo cual la célula conserva su volumen. Sin embargo, cuando dichas concentraciones de solutos son distintas, el líquido con mayor concentración de solutos recibe el nombre de hipertónico y aquel que tiene menor concentración de solutos se llama hipotónico; esta diferencia genera un movimiento neto de agua a través de la membrana que tiene efectos en la forma y procesos celulares, así tenemos lo siguiente:

- Cuando una célula es expuesta a un medio hipotónico existe un movimiento neto de agua hacia el interior celular; en células animales, el incremento excesivo del volumen celular puede causar lisis. Sin embargo, en células vegetales la generación de una gran presión intracelular determina un estado de turgencia, resistido por su pared celular flexible. Las células vegetales dependen de la presión de turgencia para sostenerse firmes.
- Cuando una célula es expuesta a un medio hipertónico existe un movimiento neto de agua hacia el exterior celular; en células animales, la reducción del volumen celular puede causar un estado de crenación. Sin embargo, en células vegetales la pérdida de agua es responsable del alejamiento de la membrana de la pared, en consecuencia genera una condición denominada plasmólisis, se pierde la presión de turgencia y luce un aspecto marchito.



Osmosis y células vegetales. En el entorno hipotónico, las células de esta planta de begonia saludable están turgentes, pero cuando la planta se expone a una solución hipertónica, sus células se plasmolizan, la planta se marchita y eventualmente muere.

En general, la diferencia de la concentración de solutos entre el medio exterior y los fluidos corporales de plantas y animales es la principal responsable de la movilización de agua por ósmosis, la cual explica procesos como la absorción de agua en raíces y la apertura de estomas en plantas, además de la absorción intestinal de agua recién ingerida y la reabsorción de agua en los riñones, entre otros.

Los organismos que viven en agua dulce, como el protozoo paramecio, tiene vacuolas contráctiles que eliminan el agua que entra de forma continua al citosol. Por transporte activo, bombea sales del citosol a la vacuola contráctil, el agua pasa por ósmosis y llena la vacuola, que entonces se contrae y lanza el agua por un poro de la membrana.

» Nota

Los iones como el Na^+ son los principales responsables de la presión osmótica en una solución; sin embargo, cuando las responsables son macromoléculas como las proteínas, dicha presión se denomina coloidosmótica u oncótica.

4.2. TRANSPORTE ACTIVO

El desplazamiento de iones o moléculas a través de una membrana celular en contra de un gradiente de concentración se denomina transporte activo y requiere que la célula gaste energía metabólica o ATP. En este proceso participan complejos protéicos como la transmembrana del tipo ATPasa, denominadas bombas, las cuales aportan la energía requerida producto de la hidrólisis del ATP.

Esta forma de transporte tiene gran importancia para conservar la diferencia de la composición iónica entre el interior de la célula y el medio extracelular, para la conducción del impulso nervioso, la contracción muscular, etc. A nivel celular, de acuerdo a las etapas en que se realiza, puede ser de dos tipos: primario y secundario.

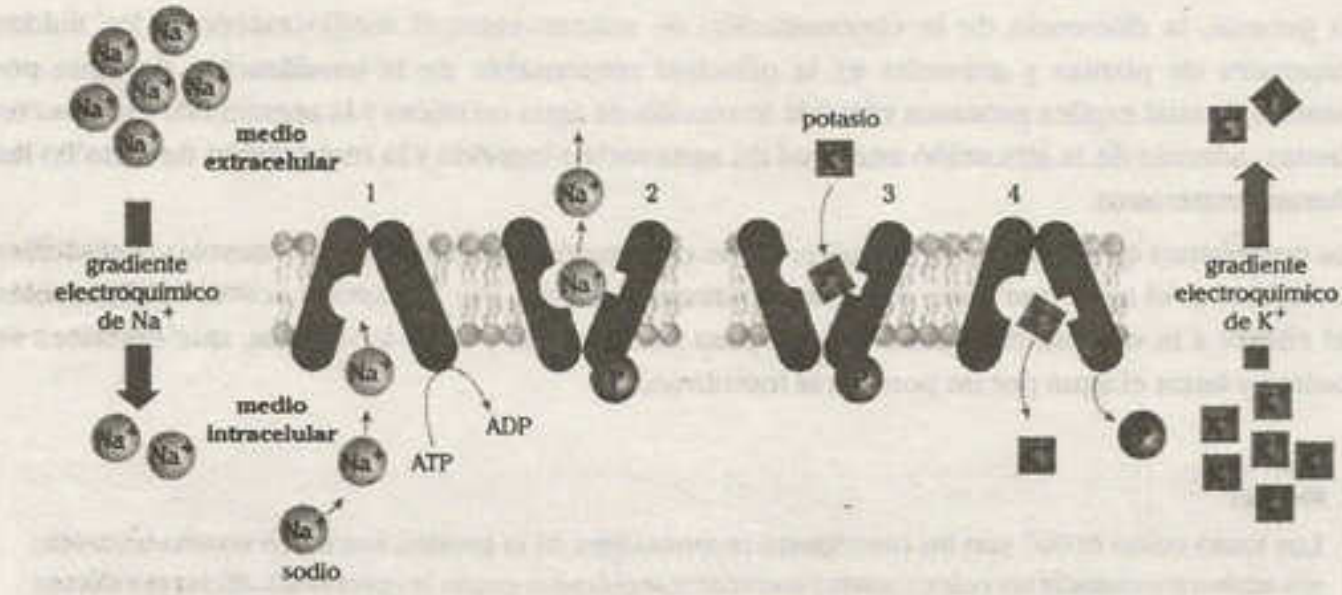
4.2.1. Transporte activo primario

En el transporte activo primario, la energía liberada por la hidrólisis del ATP impulsa el desplazamiento de iones específicos en contra de su gradiente de concentración. Existen muchos sistemas de bombas a nivel de membranas celulares, destacando la bomba de Na^+ y K^+; y la bomba de Ca^{+2}.

a. Bomba de Na^+ y K^+

Es un complejo proteico de membrana, la acción del ATPasa le permite usar el ATP como fuente de energía para el transporte de Na^+ y K^+ en contra de su gradiente electroquímico. Este bombeo permanente permite mantener una concentración elevada de Na^+ fuera de la célula y de K^+ al interior celular.

El esquema de funcionamiento de la bomba de Na^+ y K^+ comprende en primer lugar, que la ATPasa capta $3Na^+$ del medio intracelular, y se fosforila con la hidrólisis del ATP, en segundo lugar, la ATPasa cambia su conformación, y libera los Na^+ al medio extracelular. En tercer lugar, la ATPasa capta $2K^+$ del medio extracelular, así cambia nuevamente su conformación, y libera el K^+ al medio intracelular. Finalmente, la ATPasa se desfosforila retomando a su conformación inicial.

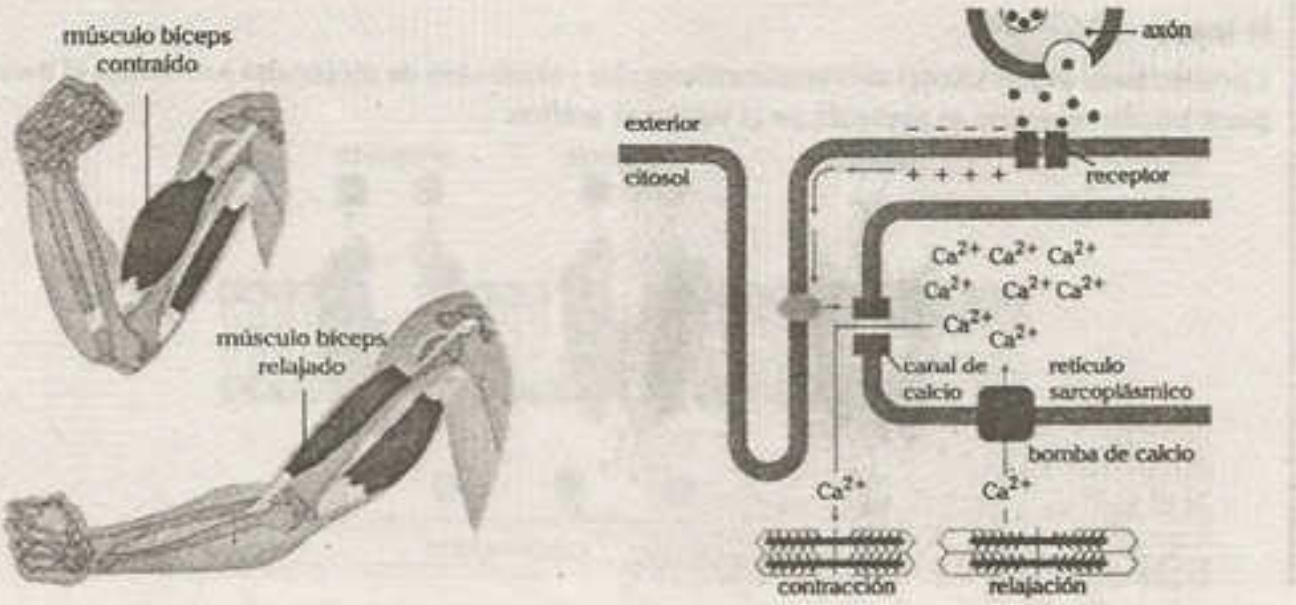


La bomba de Na^+ y K^+ es de gran importancia en el control del volumen celular, ya que la expulsión de Na^+ favorece la salida masiva de agua, de esa manera reduce la presión osmótica, lo cual evita un aumento del volumen y la posible lisis celular.

Debido a que la bomba de Na^+ y K^+ desplaza tres iones de Na^+ hacia el exterior por cada dos iones K^+ hacia el interior, existe un desplazamiento neto de una carga positiva hacia el exterior por cada revolución de la bomba, generando electropositividad hacia el exterior de la célula y electronegatividad hacia el citoplasma. Esta naturaleza electrogénica de la bomba de Na^+ y K^+ establece una diferencia de potencial o potencial de membrana cercano a los 90 mV entre ambos lados de la membrana.

b. Bomba de Ca^{+2}

De gran importancia para la fisiología muscular. Los iones de calcio liberados, desde el retículo sarcoplásmico hacia el citosol para la contracción muscular, son devueltos activamente a ella para su relajación; mediante la bomba de Ca^+.



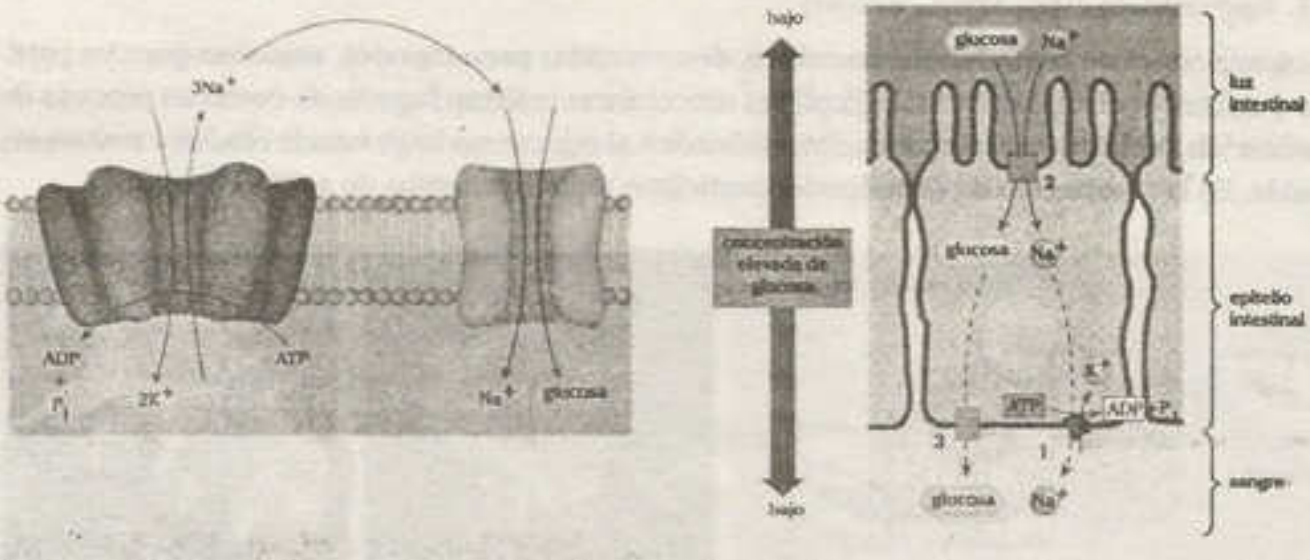
La difusión facilitada de Ca^{+2} hacia el citosol genera la contracción muscular, y el transporte activo de Ca^{+2}, hacia el retículo sarcoplásmico es necesario para la relajación muscular.

4.2.2. Transporte activo secundario

La energía proviene de una gradiente de concentración establecida por el transporte activo primario de un ion. Por este mecanismo se movilizan glucosa y aminoácidos a nivel intestinal y renal.

Durante la absorción intestinal de glucosa, el transporte activo primario de Na^+, hacia el medio extracelular, genera un gradiente de concentración de iones Na^+. La difusión de Na^+, al interior de la célula intestinal, aporta energía para el transporte activo secundario de glucosa, esta se moviliza hacia la sangre por difusión facilitada.

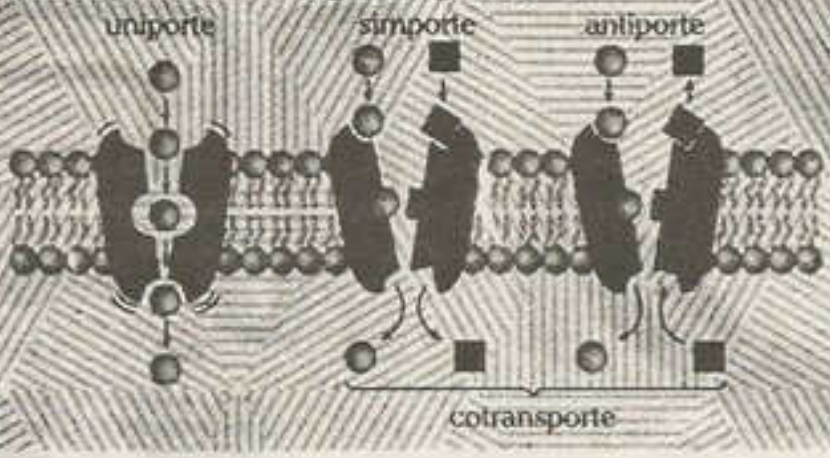
twitter.com/calapenshko



En la primera imagen se observa el transporte activo secundario de glucosa y en la segunda imagen se observa la absorción intestinal de glucosa por transporte activo secundario.

Nota

Considerando el sentido del movimiento molecular y el número de moléculas asociadas, el transporte puede ser como se presenta en el siguiente gráfico:



5▸ Mecanismo de transporte mediante vesículas

¿Qué sucede con las macromoléculas que son muy grandes para penetrar o salir a través de la membrana? Puede efectuarse un mecanismo denominado endocitosis, en el que por medio de las vesículas invaginan la membrana plasmática e ingresan a la célula; o también, pueden fusionarse con la membrana plasmática y liberár su contenido, mecanismo denominado exocitosis.

5.1. ENDOCITOSIS

Proceso que lleva macromoléculas, partículas grandes e incluso grandes volúmenes de moléculas pequeñas hacia el interior de la célula. En el proceso, la membrana se invagina alrededor de sustancias del medio y forma un pequeño bolsillo, el cual se profundiza formando una vesícula, esta se separa de la membrana plasmática y migra con su contenido al interior de la célula. Este mecanismo presenta tres tipos.

5.1.1. Fagocitosis (ingestion celular)

Las expansiones de la membrana plasmática, denominadas pseudópodos, engloban grandes partículas o, incluso, células enteras. Los protistas unicelulares realizan fagocitosis como un proceso de alimentación celular, y algunos leucocitos defienden al organismo englobando células y sustancias extrañas. En la formación de pseudópodos participan microfilamentos de actina y miosina.

Mecanismo de la fagocitosis

Un leucocito fagocita bacterias.

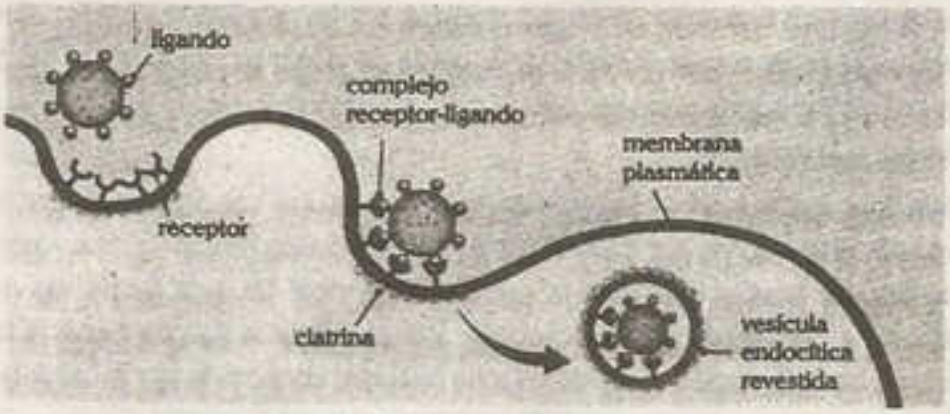
Ameba fagocita un paramecio.

5.1.2. Pinocitosis (bebida celular)

Se forman vesículas pequeñas y en el proceso lleva pequeñas sustancias disueltas o líquidos al interior de la célula. Al igual que la fagocitosis, la pinocitosis es relativamente inespecífica respecto de lo que ingresa en la célula, por ejemplo, la pinocitosis en las vellosidades intestinales permite incorporar con rapidez grandes masas de sustancias digeridas.

5.1.3. Endocitosis mediada por receptores

La unión de moléculas específicas a receptores de membrana desencadena la invaginación, formando vesículas recubiertas con clatrina, el citoesqueleto se une al armazón de clatrina y lo moviliza en el interior celular. Mediante este mecanismo, los hepatocitos captan colesterol y triglicéridos, los empaquetan formando lipoproteínas para después ser secretadas al torrente sanguíneo.



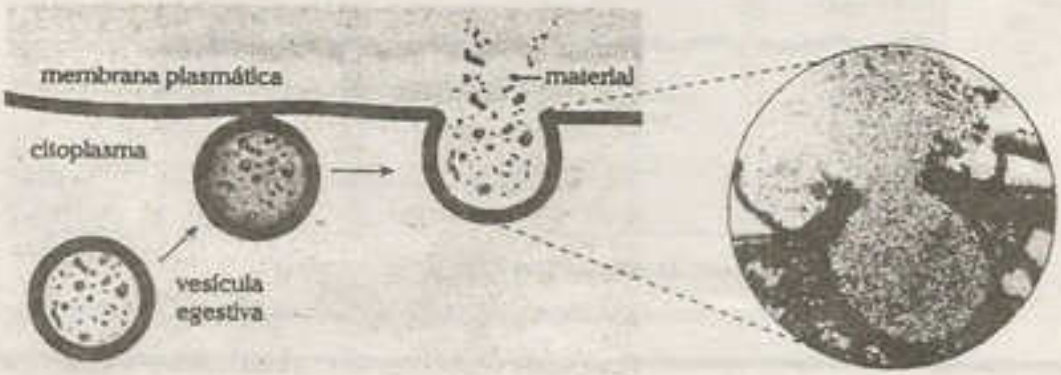
Endocitosis mediada por receptor

» Nota

La rofeocitosis es el transporte de porciones de citoplasma entre células vecinas, se presenta en las células retículo endoteliales, a nivel de la médula ósea roja, durante la transferencia de moléculas de hierro.

5.2. EXOCITOSIS

Es el proceso por el cual la membrana de una vesícula se fusiona con la membrana plasmática y libera las sustancias empaquetadas en su interior. La exocitosis de sustancias útiles como enzimas digestivas, anticuerpos y neurotransmisores es denominada secreción; mientras la expulsión de residuos de la digestión, realizada por lisosomas se denomina egestión celular.

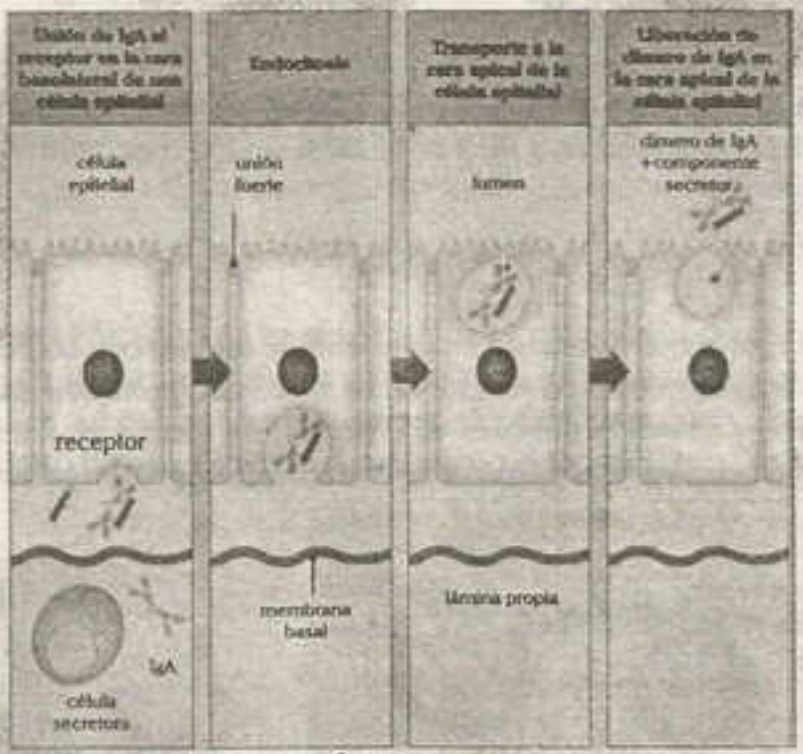


Transcitosis: superando barreras

La transcitosis es el transporte de cargas incorporadas en vesículas entre dos zonas de la membrana plasmática situadas en distintos lados de la célula. Existen diferentes tipos de moléculas que se transportan por transcitosis: inmunoglobulinas, insulina, receptores de quimiocinas, lipoproteínas, fragmentos de ADN, enzimas, algunos virus, algunas toxinas, etc.

Esta es un mecanismo típico de las células epiteliales, suele iniciarse por vesículas recubiertas por clatrina, donde hay una captación de cargas mediada por un receptor, las cuales son movilizadas por el citoesqueleto hacia el lado contrario de la célula en el que su contenido es liberado por exocitosis. Esta ruta de transporte vesicular evita el paso por los lisosomas, y por tanto, la degradación de las moléculas que transporta.

Así, los enterocitos, que forman el epitelio intestinal, son células columnares en las cuales se produce transcitosis. El transporte por transcitosis en los enterocitos puede darse en ambos sentidos, desde la membrana basolateral hacia la apical y viceversa. De esta forma, las moléculas de inmunoglobulina A, secretada por plasmocitos, pasan desde la sangre hacia la luz intestinal. Aunque también las inmunoglobulinas de la leche materna, consumida por el lactante, pueden ser transportadas en sentido contrario, desde la luz intestinal hacia la sangre.



Transcitosis de anticuerpos hacia la luz intestinal

Adaptado de <https://mmegias.webs.uvigo.es/5-celulas/ampliaciones/5-transcitosis.php>.

Preguntas resueltas

Pregunta 1

El oxígeno y el dióxido de carbono son gases intercambiados entre la sangre y el medio, esto se realiza a través

A) de la difusión simple.
B) de la difusión facilitada.
C) del transporte activo.
D) de la endocitosis.
E) de la exocitosis.

Resolución

La alta energía cinética de las moléculas de gases como el oxígeno y el dióxido de carbono permiten atravesar la bicapa fosfolipídica a favor de la gradiente de concentración. Este mecanismo de transporte es de tipo difusión simple y es clasificado como transporte pasivo, ya que la célula no gasta ATP.

Clave A

Pregunta 2

El mecanismo de transporte que realiza la célula, para desplazar iones y moléculas contra su gradiente de concentración, es denominado

A) presión osmótica.
B) difusión.
C) transporte activo.
D) ósmosis.
E) difusión facilitada.

Resolución

El desplazamiento de iones o moléculas a través de una membrana en contra de un gradiente de concentración es de tipo activo y requiere que la célula gaste energía metabólica o ATP. Participan complejos proteicos como la transmembrana del tipo ATPasa, denominadas bombas, que usan la energía, producto de la hidrólisis del ATP.

Clave C

Pregunta 3

El impulso nervioso se inicia con la apertura de canales de sodio. A través de estos canales el sodio

A) sale de la célula por transporte pasivo.
B) sale de la célula por transporte activo.
C) ingresa a la célula por transporte pasivo.
D) ingresa a la célula por transporte activo.
E) ingresa por pinocitosis.

Resolución

El catión sodio (Na^+) es el ion más abundante en el medio extracelular y la apertura de canales de Na^+ permite la difusión facilitada de iones de Na^+ hacia el interior celular. Este evento permite la generación del impulso nervioso y el inicio de la contracción muscular, entre otros procesos vivientes.

Clave C

Pregunta 4

La transmisión nerviosa requiere la apertura de canales de calcio y su ingreso al interior celular garantiza la descarga de neurotransmisores mediante un proceso de

A) difusión simple.
B) difusión facilitada.
C) transporte activo mediante bombas.
D) exocitosis.
E) endocitosis.

Resolución

La transmisión nerviosa es un proceso importante de la fisiología neuronal, y la descarga de neurotransmisores hacia la hendidura sináptica requiere la fusión de vesículas con la membrana, en un proceso denominado exocitosis.

Clave E

Lumbreras Editores

Pregunta 5

Una célula artificial, formada por una solución diluida de sacarosa y glucosa encerrada en una membrana, es sumergida en una solución con glucosa y sacarosa de mayor concentración. Si la membrana es permeable al agua y a la glucosa, pero impermeable a la sacarosa, respecto al movimiento de sustancias, indique la afirmación correcta.

A) La sacarosa difunde hacia el interior celular.
B) La sacarosa difunde hacia el exterior celular.
C) La glucosa difunde hacia el exterior celular.
D) El agua difunde hacia el exterior celular.
E) La glucosa no se difunde.

Resolución

La célula artificial se encuentra sumergida en una solución hipertónica, con alta concentración de glucosa y sacarosa. El movimiento de sustancias ocurre de la siguiente manera: el agua se difunde por ósmosis hacia la solución extracelular hipertónica; la glucosa se moviliza desde la solución extracelular altamente concentrada, hacia el interior poco concentrado, y la sacarosa no se moviliza a través de la membrana ya que la membrana es impermeable para dicha sustancia.

Clave D

Pregunta 6

Respecto al transporte de sustancias por difusión facilitada, indique el enunciado correcto.

A) Las moléculas hidrofóbicas se movilizan a favor del gradiente.
B) Es el movimiento de moléculas de agua a través de una membrana selectiva.
C) Consiste en el paso de un soluto de un medio de mayor concentración a otro de menor concentración.
D) Significa pasar solutos a través de proteínas bomba.
E) Comprende el transporte de aminoácidos y monosacáridos mediante carriers.

Resolución

Los iones y moléculas hidrosolubles son incapaces de difundir a través de la bicapa lipídica, y su transporte a través de membrana está facilitado por la participación de canales proteicos para agua e iones y de proteínas transportadoras o carriers para aminoácidos y monosacáridos.

Clave E

Pregunta 7

Un suelo extremadamente salino genera una condición especial para la movilización de sustancias a nivel de la zona absorbente de raíz, esto se debe a que

A) la rhodermis se hace impermeable al agua.
B) el potencial hídrico del suelo es menor que el de una planta.
C) las partículas del suelo retienen excesivamente las moléculas de agua.
D) la ósmosis requiere gran aporte de energía.
E) las raíces absorben agua sin dificultad.

Resolución

La solución de un suelo extremadamente salino es hipertónico, su alta concentración salina determina la presencia de un bajo potencial hídrico respecto al interior de la raíz. Por esta razón, el agua se moviliza mediante proceso osmótico desde la raíz hacia el suelo, lo que causa una condición de deshidratación de dicha raíz.

Clave B

Pregunta 8

Los eritrocitos, glóbulos rojos o hematíes son células que forman parte del tejido sanguíneo. Si se trata de hidratar por vía parenteral a un paciente y solo se cuenta con solución salina al 5%, ¿qué consecuencias tendrá la administración de esta solución en los glóbulos rojos del paciente?

A) Estallarán, debido a que ingresa mucha agua a su interior.
B) Se deshidratarán, debido a que eliminan solutos de su interior.
C) Se deshidratarán, debido a que eliminan agua de su interior.
D) Estallarán, debido a que ingresan iones sodio a su interior.
E) Se deshidratarán, debido a que ingresan solutos a su interior.

Resolución

La solución salina fisiológica administrada por vía parenteral para la hidratación de un paciente corresponde a una solución de cloruro de sodio (NaCl) al 0,9% peso sobre volumen, el cual es isotónico con las células de la sangre. Cuando se administra una solución salina al 5%, se está exponiendo a las células sanguíneas a una solución hipertónica y a consecuencia de ello se genera un flujo neto de agua hacia el medio exterior, provocando la deshidratación de las células y una condición de crenación.

Clave C

Pregunta 9

Respecto a un protozoo de vida libre que habita en un ambiente de agua dulce, indique el enunciado correcto.

A) Estallará, debido a la entrada de agua por ósmosis.
B) Se deshidratará, debido a la entrada de agua por ósmosis.
C) Gastará ATP para bombear agua hacia el citoplasma.
D) Aumentará la concentración en su medio interno.
E) Posee mecanismo para expulsar el exceso de agua hacia el medio.

Resolución

Algunos protozoos son organismos unicelulares que viven libremente en agua dulce. Debido que el medio es clasificado como hipotónico, el agua difunde por ósmosis al interior celular; sin embargo, las vacuolas contráctiles que poseen, colectan el exceso de agua intracelular y la expulsan hacia el exterior.

Clave E

Pregunta 10

Durante una observación microscópica de agua estancada, en una práctica de laboratorio del curso de Biología, se pudo apreciar como un protozoo ciliado se alimentaba de una pequeña ameba. La incorporación de esta ameba ocurre mediante la

A) pinocitosis.
B) endocitosis.
C) fagocitosis.
D) transcitosis.
E) exocitosis.

Resolución

La fagocitosis es una forma de endocitosis, en el que mediante la formación de expansiones de la membrana denominados pseudópodos, algunos protozoos y leucocitos incorporan mediante vesículas a grandes partículas como otros organismos unicelulares. Cuando se incorporan líquidos o sustancias disueltas se denomina pinocitosis.

Clave C

Lumbreras Editores

Preguntas propuestas

1. Marque la alternativa correcta, acerca del transporte a través de membranas.

   A) El transporte en contra de la gradiente no requiere gasto de energía.
   B) Los iones solo atraviesan la membrana mediante transporte activo.
   C) El equilibrio osmótico de la célula se regula por el transporte activo de ciertos solutos.
   D) El transporte de Na^+, hacia el medio extracelular, ocurre mediante difusión simple.
   E) Los gases solo atraviesan la membrana por difusión.

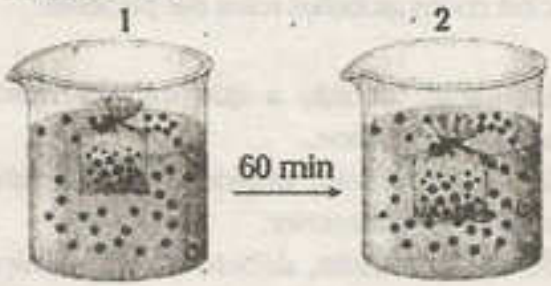
2. Las moléculas hidrofóbicas no polares, pequeñas como los ácidos grasos,

   A) pasan rápidamente por la bicapa lipídica de la membrana.
   B) se difunden lentamente por la bicapa lipídica.
   C) necesitan canales especiales para ingresar a la célula.
   D) son transportadas activamente por las membranas celulares.
   E) deben entrar a la célula por endocitosis.

3. Ciertos protozoos tienen en su citoplasma una alta concentración de iones sodio, a pesar de vivir en un medio en el que este ion se encuentra muy diluido. Esta acumulación intracelular de iones sodio es posible por la existencia de

   A) difusión facilitada.
   B) difusión simple.
   C) transporte activo.
   D) exocitosis.
   E) osmosis.

4. En el gráfico se muestra un experimento: en el interior de un vaso que solo contiene agua se ha puesto una bolsa membranosa cerrada, que contiene una solución acuosa de proteínas.

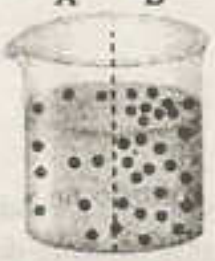


   Sobre el experimento se puede deducir correctamente que

   I. la membrana es semipermeable.
   II. el movimiento de las moléculas es por ósmosis.
   III. las proteínas son muy grandes para atravesar los poros de la membrana.

   A) solo I B) solo II C) solo III
   D) I y II E) I, II y III

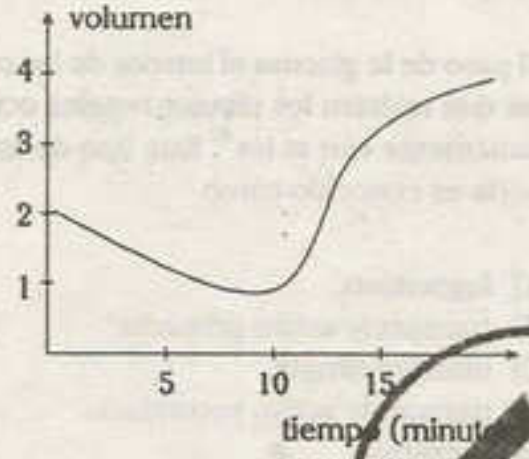
   El siguiente gráfico representa dos compartimientos con soluciones de diferente concentración y separados por una membrana permeable al agua, pero no al soluto. De acuerdo a la información anterior, indique la alternativa correcta.



   A) La membrana es impermeable.
   B) El medio B es hipotónico.
   C) El soluto se desplaza de B hacia A.
   D) El agua se moviliza de A hacia B.
   E) No ocurre ningún movimiento a través de la membrana.

Lumbreras Editores

En el gráfico siguiente se representa la variación del volumen de una célula en función del tiempo. La célula fue colocada inicialmente en un medio con alta concentración de sales y a los 10 minutos fue transferida a un medio con agua destilada.



Si se interpreta la imagen se puede afirmar que

A) durante los 10 primeros minutos fue sumergida en un medio hipotónico.
B) luego de los 10 minutos fue sumergido a un medio hipertónico.
C) durante los 10 primeros minutos fue sumergido a un medio isotónico.
D) luego de los 10 minutos fue sumergido a un medio isotónico.
E) luego de los 10 minutos fue sumergido a un medio hipotónico.

La presión interna, ejercida por los fluidos y el contenido celular vegetal, favorece al alargamiento celular y permite la regulación de la transpiración a través de la apertura y cierre de las células estomáticas. Respecto a la información anterior, indique los enunciados correctos.

I. El aumento del volumen celular debido a la presión ejercida por los fluidos se denomina turgencia.
II. Las células vegetales resisten la turgencia gracias a su pared celular.
III. La presión interna se debe al ingreso de agua por ósmosis.

A) solo I
B) I y II
C) I y III
D) II y III
E) I, II y III

8. El Na^+ es el ion más abundante en el medio extracelular y en el medio intracelular es el K^+, esta diferencia es mantenida por proteínas de membrana, mediante una forma de transporte

A) pasivo.
B) de difusión simple.
C) de difusión facilitada.
D) activo primario.
E) activo secundario.

Respecto al transporte activo, determine la afirmación correcta.

A) Los diferentes iones compiten entre sí por ingresar en una proteína canal y por eso se consume energía.
B) Una bacteria puede ingresar a la célula por medio de una proteína transportadora que consume energía al cambiar su conformación.
C) Se consume energía en forma de ATP, porque la sustancia que ingresa a la célula lo hace en contra de gradiente de concentración.
D) Se consume energía cuando una vitamina liposoluble ingresa a la célula a través de una proteína transportadora.
E) No existe consumo de energía.

Lumbreras Editores

10. Determine la afirmación correcta si comparamos la difusión facilitada y el transporte activo.

A) Solamente en el transporte activo intervienen proteínas transportadoras.
B) Solamente en la difusión facilitada intervienen proteínas transportadoras.
C) En ambos intervienen proteínas transportadoras.
D) En ninguno de ellos intervienen proteínas transportadoras.
E) En ambos mecanismos, el movimiento se da a través de la bicapa lipídica.

Respecto al siguiente problema, responda las preguntas 11 y 12. Las soluciones 1 y 2 están separadas por una membrana permeable a glucosa y agua. Se sabe que el lado 1 contiene una solución de glucosa al 50%, mientras que el lado 2 contiene una solución de glucosa al 5%.

11. Inicialmente, la solución del lado 1 es ..... en relación a la solución del lado 2.

A) isotónica
B) hipotónica
C) hipertónica
D) isoeléctrica
E) equilibrada

12. Al cabo de un tiempo se puede decir que en este sistema

A) el lado 1 gana agua y glucosa.
B) el lado 2 gana agua y glucosa.
C) el lado 1 gana agua y el 2 gana glucosa.
D) el lado 1 gana glucosa mientras que el lado 2 gana agua.
E) ningún lado ganará agua ni glucosa.

13. Una bomba, movida por ATP que transporta un soluto específico, mueve indirectamente el transporte activo de otros solutos. Este mecanismo se conoce como

A) pinocitosis.
B) fagocitosis.
C) endocitosis.
D) cotransporte.
E) difusión.

14. El paso de la glucosa al interior de las células que revisten los túbulos renales ocurre juntamente con el Na^+. Este tipo de transporte es conocido como

A) fagocitosis.
B) transporte activo primario.
C) difusión simple.
D) transporte activo secundario.
E) secreción.

15. Un aminoácido puede atravesar la membrana plasmática

A) a favor del gradiente de concentración, por difusión simple.
B) en contra del gradiente de concentración, por endocitosis.
C) a favor del gradiente de concentración, por carriers específicos.
D) en contra del gradiente de concentración, por canales específicos.
E) a favor de la gradiente de concentración, mediante proteínas bomba.

16. La contracción del protoplasto dentro del lumen ocurre al colocar una célula o un tejido vegetal en un medio hipertónico, a ello se le denomina como

A) catálisis.
B) conducción.
C) osmosis.
D) plasmólisis.
E) turgencia.

Lumbreras Editores

CAPÍTULO VII

NUTRICIÓN Y METABOLISMO CELULAR

Objetivos

- Identificar las diversas formas de nutrición en la naturaleza, las transformaciones generales de materia y energía que ocurren en cada una de ellas, y los vínculos nutricionales entre organismos.
- Analizar las trasformaciones químicas y energéticas del metabolismo celular en relación a las leyes generales de la termodinámica y la organización de la materia viva.
- Comprender la fotosíntesis y la respiración celular, los procesos principales del metabolismo, su importancia para la vida y las transformaciones bioquímicas y energéticas de cada una.

Introducción

El estudio de los diversos procesos celulares y orgánicos ha permitido establecer que los seres vivos son sistemas complejos, cuyas manifestaciones vitales ocurren mediante transformaciones químicas y energéticas reguladas, las que se realizan principalmente en las células. Las transformaciones permiten que un ser vivo conserve su composición y estructura, mediante la síntesis y degradación de moléculas y el intercambio con el ambiente.

Los seres vivos son sistemas termodinámicos abiertos donde los cambios químicos y energéticos integrados en múltiples reacciones permiten el equilibrio relativo del sistema mediante la incorporación de energía en forma de sustancias o luz; contrarrestando de este modo, la tendencia natural de la materia universal hacia una mayor complejidad. Por ello, en cada célula y organismo se integra la incorporación y la obtención de energía metabólica al consumo y pérdida mediante los procesos fisiológicos.

Una manifestación de la biodiversidad originada en el proceso evolutivo de la vida terrestre son las formas de intercambio químico energético con el ambiente, que comprende los procesos nutricionales en cada especie; pero, al mismo tiempo, existen procesos comunes a muchos o a casi todos los seres vivos, reflejo que señala el parentesco que existe en cuanto al origen de las especies.

1▸ Definición

Los seres vivos y las células que los conforman son sistemas en equilibrio dinámico, en los cuales el intercambio y la transformación de materia y energía satisface los requerimientos materiales de las actividades vitales y la organización estructural. El tipo de sustancias y energía requerida y la forma de obtención es propio de cada especie, lo que permite diferenciar algunos tipos nutricionales. La nutrición y satisfacción de los requerimientos origina, en el nivel ecológico, interacciones entre organismos, como las cadenas alimentarias y redes tróficas, propias de cada ecosistema.

En términos generales, un nutriente es cualquier sustancia requerida en la fisiología de los organismos, desde bioelementos hasta macromoléculas, y son clasificados por su naturaleza en inorgánicos y orgánicos. Los nutrientes orgánicos se categorizan según la función principal que desempeñan: energéticos, estructurales o plásticos y complementarios. Por la cantidad requerida son macro y micronutrientes.

La mayoría de eventos que permiten obtener y utilizar los nutrientes lo realizan las células con la intervención de organelas y demás estructuras. En los organismos complejos intervienen tejidos, órganos y sistemas. La incorporación u obtención de los nutrientes se acopla a la utilización de estos en los procesos fisiológicos mediante el metabolismo celular. El metabolismo comprende transformaciones químicas y energéticas, mediante múltiples reacciones bioquímicas en un orden o secuencia lógica según los cambios energéticos y químicos a nivel molecular.

1.1. Tipos nutricionales en la naturaleza

La clasificación nutricional se basa en la forma en que se obtienen el carbono y la fuente de energía primaria del metabolismo. En general existen dos tipos nutricionales básicos: la nutrición autótrofa y la heterótrofa, aunque la diversidad es mucho mayor, sobre todo entre los microorganismos.

1.1.1. Fotolitoautótrofos

Son los organismos fotosintéticos. Utilizan luz como fuente primaria de energía, CO_2 como fuente de C y agua. Poseen esta nutrición las plantas y las algas entre los eucariotas; entre las procariotas, las cianobacterias y otros grupos de bacterias, como las verdes del azufre, no sulfurosas, las púrpuras del azufre y algunas de las llamadas no del azufre. Las plantas, las algas y las cianobacterias originan oxígeno residual.

1.1.2. Quimioorganoheterotrofos

Se alimentan de compuestos orgánicos. Esta alimentación lo tienen los animales, los protozoos, los hongos, las arqueas y muchas bacterias. Según el procesamieno y formas de incorporar el alimento pueden ser holozoicos o ingestivos y saprobióticos o absortivos.

1.1.3. Quimiolitoautótrofos

Son los organismos quimiosintéticos. Obtienen energía primaria por reacciones bioquímicas oxidativas entre sustancias inorgánicas. Utilizan CO_2, NH_{4+}, H_2, sales de Fe, etc. Además son exclusivamente procariotas, crenarqueotas, bacterias y arqueas nitrificantes, bacterias incoloras del azufre y aquifex.

1.1.4. Fotoorganoautótrofos

Son procariotas que requieren luz, CO_2 y ácidos orgánicos. Estas procariotas son como algunas bacterias púrpuras no sulfurosas. Además realizan fotosíntesis.

1.1.5. Fotoorganoheterótrofos

Requieren luz y compuestos orgánicos, como las heliobacterias y algunas bacterias no sulfurosas.

1.1.6. Quimiolitoheterótrofos

Oxidan compuestos inorgánicos, pero no pueden fijar CO_2, por lo cual consumen sustancias orgánicas. Algunas bacterias oxidantes de H son de este tipo.

1.2. PROCESOS NUTRICIONALES Y METABOLISMO

La elaboración o incorporación de los nutrientes, según sea el tipo de nutrición, está vinculada a la utilización de las células. En los organismos complejos, los nutrientes son movilizados hacia los lugares específicos de uso mediante sistemas de circulación y transporte, como ocurre en las plantas y animales. La utilización de los nutrientes se realiza en el metabolismo a través de un conjunto de rutas o vías integradas y autoreguladas por mecanismos moleculares celulares y sistémicos.

Los organismos autótrofos elaboran y utilizan sustancias orgánicas, mientras que los heterótrofos incorporan las sustancias orgánicas en los alimentos consumidos. En ambos casos, el nutriente básico es la glucosa, por ello su elaboración y utilización es la base de los procesos metabólicos. Los mecanismos bioquímicos involucrados en la elaboración de sustancias orgánicas son la fotosíntesis y quimiosíntesis. El proceso fundamental en la utilización de los nutrientes como fuente de energía celular es la respiración celular. Otros aspectos del metabolismo son la síntesis e incorporación de sustancias nitrogenadas, como las proteínas y ácidos nucleicos, así como la bioquímica de los lípidos.

1.2.1. Nutrición en los autótrofos

El modelo general de este tipo son las plantas que, como organismos fotoautotróficos, elaboran sustancias orgánicas mediante la fotosíntesis, cuyo producto principal es la glucosa. La glucosa elaborada se utiliza como fuente de energía mediante la respiración celular, en las síntesis de aminoácidos a través de rutas metabólicas específicas, síntesis de componentes de la pared celular (celulosa, hemicelulosa, pectina). También se almacena como almidón y es convertida en diversos metabolitos propios de las especies vegetales.

Para sintetizar la glucosa, las plantas necesitan luz, agua y dióxido de carbono, cuya asimilación se rige por los principios del transporte tratados en un capítulo anterior. También ocurre lo mismo con los demás nutrientes, sales, nitrógeno, etc.

1.2.2. Nutrición en organismos heterótrofos

Los heterótrofos son consumidores de sustancias orgánicas e inorgánicas, las que son incorporadas en los alimentos. El alimento o fuente de nutrientes pueden ser los autótrofos y otros heterótrofos, según los hábitos y ubicación en las cadenas alimentarias.

En los animales, el alimento ingresa al cuerpo en forma de partículas que son procesadas mecánica y químicamente en el sistema digestivo mediante los órganos de trituración o masticación, mezcla y digestión, después ocurre la absorción hacia el sistema circulatorio que lo distribuye a las células. En los protozoos y animales coloniales, como las esponjas, el alimento es incorporado a las células por fagocitosis y pinocitosis, la digestión es intracelular.

Las bacterias y los hongos realizan digestión externa mediante la secreción de enzimas digestivas al entorno, luego absorben los nutrientes disponibles, por los mecanismos de transporte conocidos.

twitter.com/calapenshko

1.2.3. Interrelaciones nutricionales

En los ecosistemas, los organismos autótrofos y heterótrofos establecen relaciones biológicas, en las cuales, los primeros sirven de alimento a los otros. De este modo también ocurre un flujo energético y un equilibrio relativo del ecosistema, ya que hay un aporte de energía a través de la luz y sustancias químicas.

INTERRELACIONES NUTRICIONALES: FLUJO DE MATERIA Y ENERGÍA

2▸ BIOENERGÉTICA

Son las transformaciones energéticas durante el metabolismo, base de todos los procesos fisiológicos; ocurre la asimilación, la liberación y la utilización de energía, paralelamente a las transformaciones químicas. La bioenergética también relaciona los procesos metabólicos con la conservación de la energía y estructura de los organismos, aplicando los principios de la termodinámica a las transformaciones químicas y energéticas de los sistemas biológicos como parte de la energía y materia del universo.

2.1. LOS PROCESOS ENERGÉTICOS EN LOS SERES VIVOS

La vida como fenómeno de la materia con organización compleja ocurre y tiene continuidad mediante el metabolismo autorregulado, es decir, transformación controlada y constante de sustancias y energía. El metabolismo se realiza a nivel celular y, en los organismos complejos, integra tejidos y órganos mediante coordinación química y nerviosa.

Las transformaciones energéticas y químicas del metabolismo, obedecen las leyes físicas que cualquier otro proceso natural, enunciadas como los principios de la termodinámica, base para comprender las transducciones o cambios de energía durante las reacciones bioquímicas.

El **primer principio o ley de la termodinámica** establece que en cualquier cambio físico o químico la cantidad de energía en el universo permanece constante, y solo cambia la forma de la misma. Por ello, en los procesos fisiológicos se integra la transformación de energía a los cambios moleculares, así como al ingreso y salida, tanto de sustancias como de energía. Todas las formas de energía son intercambiables entre sí, aunque en el caso de la energía calórica, el calor no es completamente transformable en otra forma de energía y la cantidad que se transforma se mide como eficiencia de los sistemas. Una parte de la energía siempre queda como calor en el universo.

La **segunda ley termodinámica** establece que en todos los procesos naturales la entropía o desorden del universo aumenta. Esto quiere decir que naturalmente hay una tendencia hacia la desorganización. Sin embargo, la característica más importante de los seres vivos es la conservación de sus propiedades y organización. Esta aparente contradicción con la tendencia hacia el desorden o aumento de entropía, se justifica porque un ser vivo se comporta como un sistema disipativo en equilibrio dinámico o estacionario, cuyo orden relativo se consigue a expensas de un aporte continuo de energía externa al sistema.

La energía se incorpora de forma directa como ondas electromagnéticas de luz o indirectamente en los enlaces químicos de las sustancias nutritivas. Parte de esa energía es utilizada en la realización de las actividades biológicas, y una fracción se libera o "disipa" fuera del organismo en forma de calor. Lo que existe es pues, un conjunto de procesos bioquímicos integrados energéticamente al intercambio de materia y energía con el entorno.

En cada organismo, la organización bioquímica y la conservación de las propiedades se mantiene en una forma relativamente constante mediante una gran cantidad de transformaciones energéticas en el nivel celular y orgánico. Por ello se puede afirmar que la energía incorporada contrarresta la entropía interna, pero contribuye a la entropía general del universo.

2.2. METABOLISMO Y ENERGÍA

Dentro de los sistemas vivos, las reacciones bioquímicas del metabolismo se rigen por los principios generales de la interacción molecular. La estructura química de cada sustancia incluye una cierta cantidad de energía a nivel de los enlaces. Al mismo tiempo, la estabilidad relativa que posee la estructura, origina un comportamiento particular en contacto con otras sustancias, y que son parte de sus propiedades químicas específicas. Manifestaciones de esas particularidades son, por un lado el potencial redox que expresa el comportamiento como oxidante y reductor de una sustancia frente a otra; y por otro lado, los cambios energéticos que ocurren durante las reacciones.

La **energía libre de Gibbs (G)** es una medida de la cantidad de energía utilizable para realizar un proceso biológico en el sentido de los organismos vivos. El cambio en la energía libre de Gibbs, ΔG, es el cambio en energía libre que ocurre desde los reactantes a los productos en una reacción. Mide la energía liberada o consumida al ir del estado inicial al estado final, en una reacción química, además provee información acerca de las condiciones en las que pueden ocurrir y la dirección que tiene un proceso.

El cambio en la energía libre de Gibbs se calcula como: $\Delta G = G_{final} - G_{inicial}$.

El signo positivo o negativo indica si una reacción ocurrirá espontáneamente, sin energía adicional, o requerirá la adición de energía de una fuente externa al sistema.

2.2.1. Energía libre de Gibbs, entalpía y entropía

La variación de energía libre de Gibbs ΔG se calcula a partir de un conjunto de valores medibles: los cambios de entalpía y entropía de una reacción, junto con la temperatura a la que ocurre la reacción.

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

- ΔH es el cambio en entalpía. En biología entalpía se refiere a la energía almacenada en los enlaces, y el cambio en la entalpía es la diferencia en la energía de los enlaces entre reactivos y productos.
- ΔS es el cambio de entropía del sistema durante la reacción. Si ΔS es positivo, el sistema se vuelve más desordenado durante la reacción (por ejemplo, cuando una molécula grande se divide en varias más pequeñas). Si ΔS es negativo, significa que el sistema se vuelve más ordenado.
- La temperatura (T) determina el impacto relativo de los términos ΔS y ΔH en ΔG de la reacción. (A mayor temperatura, mayor es el impacto del término ΔS en relación con el término ΔH).

  La energía de Gibbs molar de reacción se puede relacionar de manera conveniente con la constante de equilibrio de la reacción según la siguiente ecuación:

$$\Delta G^{\circ\prime} = -RT \ln Keq$$

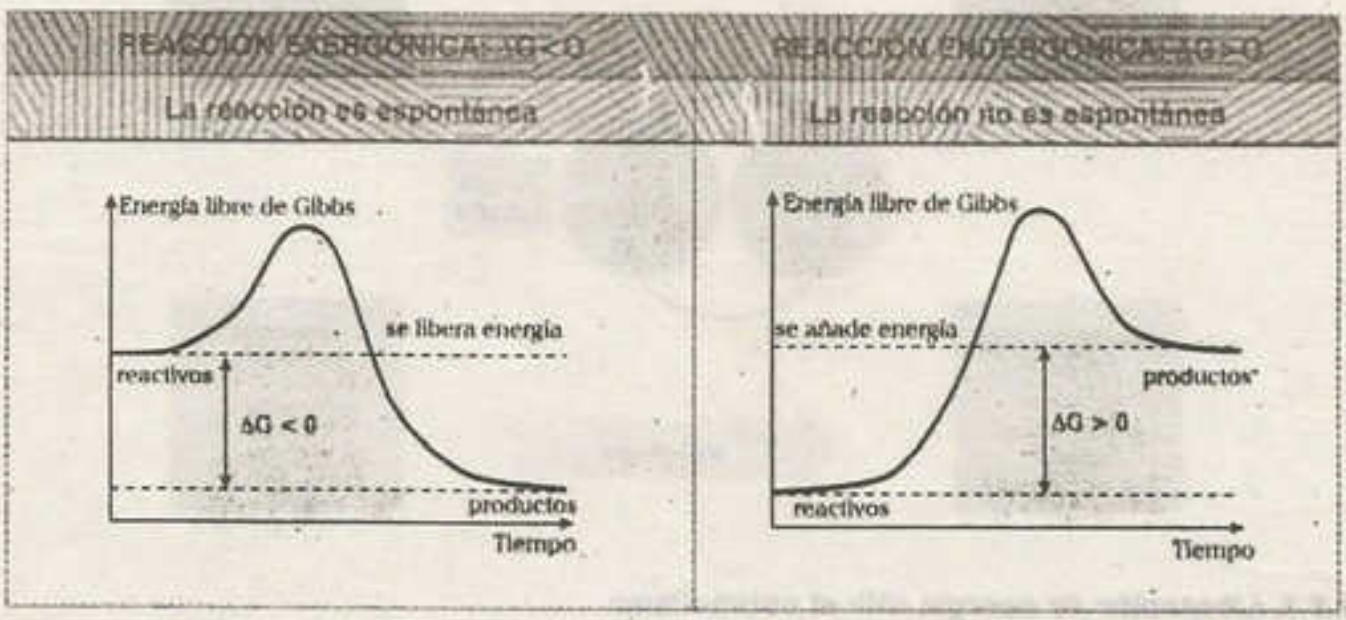
El cambio de energía libre estándar ($\Delta G^{\circ\prime}$) de una reacción química es la cantidad de energía liberada en la conversión de reactivos a productos en condición estándar. Para un proceso particular donde las condiciones son distintas al estándar se utiliza la siguiente ecuación:

$$\Delta G = \Delta G^{o\prime} + RT \ln [C][D]/[A][B]$$

2.2.2. Reacciones endergónicas y exergónicas

Las reacciones que tienen un ΔG negativo liberan energía libre y son denominadas **reacciones exergónicas**, estas son reacciones espontáneas porque pueden ocurrir sin la adición de energía.

Las reacciones con un ΔG>0 requieren aporte de energía, y son denominadas **reacciones endergónicas**. Los productos o el estado final tienen más energía libre que los reactivos o estado inicial. Las reacciones endergónicas no son espontáneas.



2.2.3. Espontaneidad de reacciones directas e inversas

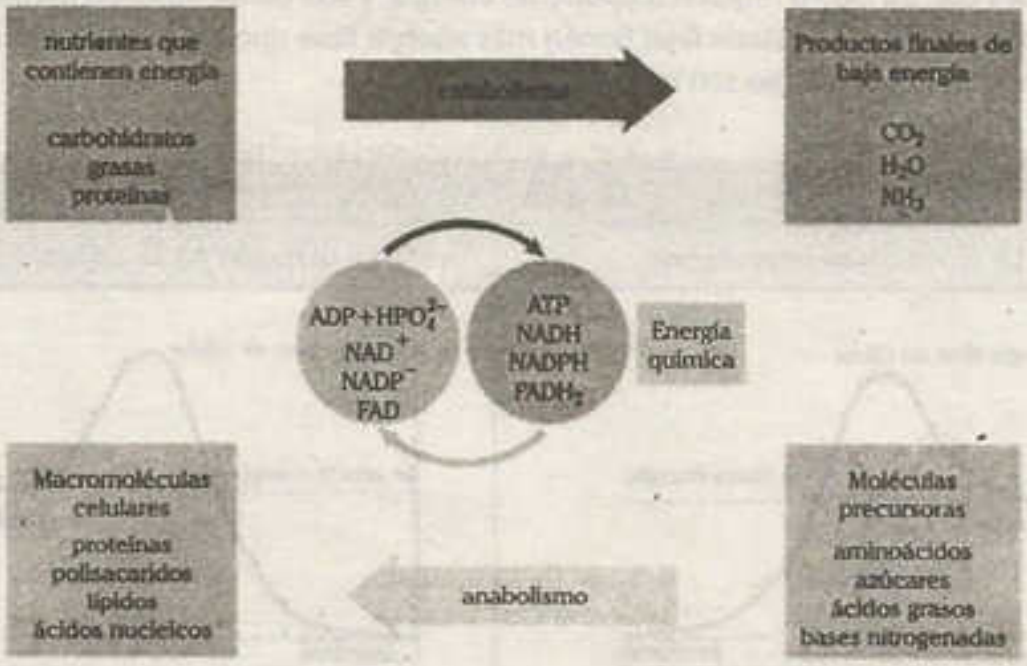
Debido a los cambios energéticos se puede concluir que si una reacción es endergónica en una dirección, entonces debe ser exergónica en la otra y viceversa.

2.3. LOS CAMINOS DEL METABOLISMO: LAS VÍAS METABÓLICAS COMO CAMINO DEL METABOLISMO

Si bien los cálculos energéticos se pueden realizar para reacciones específicas, el metabolismo se realiza mediante secuencias de reacciones que ocurren una tras otra de manera continua. Ejemplo de ello son la glucólisis, el ciclo de Krebs, etc. El orden y la tendencia de la reacción se basan tanto en los potenciales redox, como en ΔGo' de las reacciones individuales. Las vías metabólicas que originan liberación de energía son exergónicas, ejemplo: respiración celular, glucólisis, etc. Los procesos metabólicos que consumen energía son endergónicos, ejemplo: fotosíntesis, síntesis de proteínas, etc. Los mismos criterios se utilizan para procesos fisiológicos integrados, como la contracción muscular, el transporte activo, etc.

2.3.1. La energía en las vías metabólicas

Las ΔGo' de las reacciones en una vía son aditivas, por ello la producción o consumo de energía resulta de la sumatoria de las variaciones en cada reacción.



2.3.2. Liberación de energía útil: el catabolismo

La energía que las células consumen se obtiene mediante el **catabolismo**, vías metabólicas exergónicas, a través de las cuales los nutrientes son oxidados y desintegrados progresivamente, y cuyo valor energético o rendimiento se evalúa en la secuencia o conjunto de reacciones. El proceso principal del catabolismo es la respiración celular utilizando como sustratos los glúcidos, lípidos y excepcionalmente las proteínas.

La energía metabólica procede principalmente de las reacciones oxidativas, por ello, **cuanto más reducido esté un sustrato, mayor será su potencial de generación de energía biológica.** La metabolización de las grasas proporciona más energía calórica que la combustión de una cantidad equivalente de hidratos de carbono y proteínas.

La oxidación biológica de los sustratos orgánicos es semejante a las oxidaciones no biológicas como la combustión de la madera. La energía libre liberada en la oxidación de la glucosa por combustión y por oxidación metabólica es la misma:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O - \Delta G^\circ = -2870\ kJ/mol$$

En la combustión, la energía se libera en forma de calor y es útil cuando se acopla a un dispositivo como una máquina de vapor. En las oxidaciones biológicas, las reacciones de oxidación se producen sin aumento importante de temperatura y una parte de la energía libre se captura en forma de ATP. En el catabolismo de la glucosa, alrededor del 40% de la energía liberada se utiliza para la síntesis de ATP a partir de ADP y Pi.

Oxidaciones biológicas

Las oxidaciones biológicas se realizan mediante reacciones de oxidación-reducción en serie, acopladas de tal manera que los electrones pasan del combustible químico a transportadores intermediarios como el NAD^+, y finalmente al oxígeno, que es el último aceptor de electrones para los organismos aerobios. El oxígeno es un oxidante potente y tiene una intensa tendencia a atraer electrones, quedando reducido en el proceso. Hay otras sustancias distintas del oxígeno que pueden actuar como aceptores electrónicos finales.

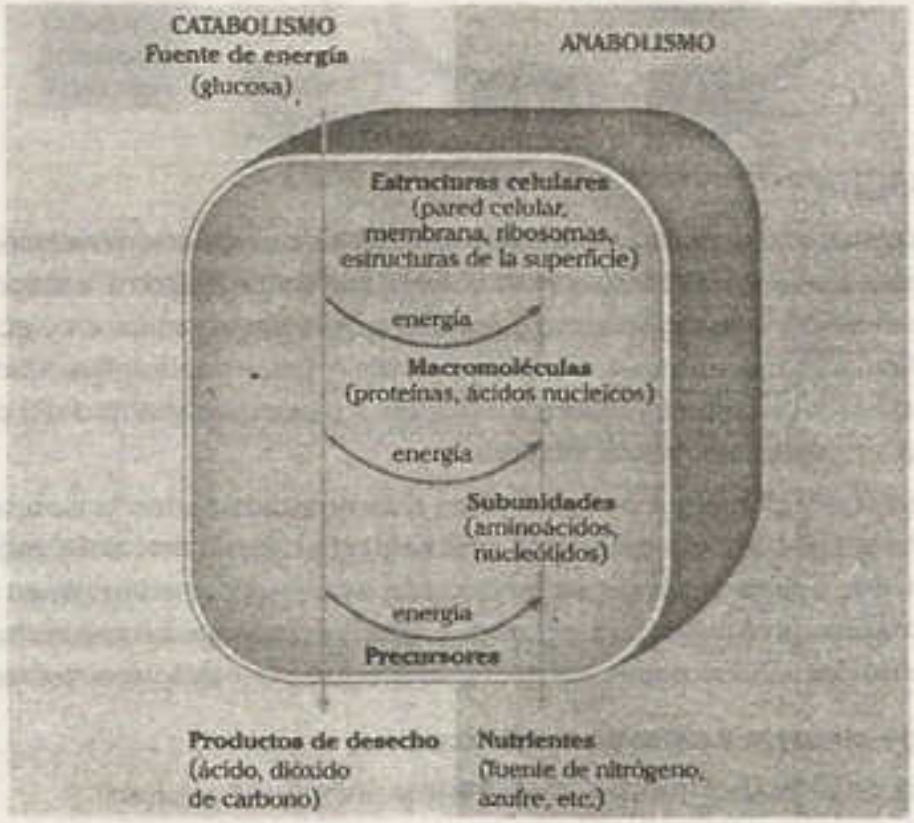
Los microorganismos que pueden o deben vivir en **anaerobiosis** obtienen su energía mediante **fermentaciones**, rutas catabólicas productoras de energía sin cambio neto del estado de oxidación de los productos. Otras rutas anaerobias de producción de energía se observan en algunas bacterias de corrientes marinas profundas, que reducen el azufre a sulfuro, así como en bacterias que reducen el nitrito a amoniaco. Estos organismos utilizan aceptores electrónicos distintos del oxígeno.

2.3.3. Consumo de energía: procesos anabólicos

La energía se utiliza de diversas formas, entre las que podemos mencionar:

- Síntesis de nuevas sustancias estructurales que reemplazan las que se dañan o destruyen, requeridas en la conformación de estructuras celulares y organelas. Un aspecto particular de esta síntesis está vinculada a la multiplicación celular, donde ocurre elaboración masiva de nuevos componentes que se distribuyen en las células hijas.
- Motricidad intracelular, celular, tisular y sistémica. En el nivel celular involucra la interacción cíclica de proteínas en los filamentos, microtúbulos y estructuras relacionadas: centriolos, citoesqueleto, etc. Algunas formas particulares son la ciclosis, movimiento de vesículas y tixotropía. La motricidad celular como forma diferenciada comprende la intervención de los cilios y flagelos y movimiento ameboideo por seudópodos. En el nivel tisular y sistémico se ubican la contracción muscular y la locomoción de los animales, así como procesos asociados como el peristaltismo del sistema digestivo, fisiología cardiaca, vaso y bronco constricción, etc.
- Transporte activo de sustancias a nivel celular, mediante la intervención de bombas, transporte activo secundario, endocitosis y exocitosis; procesos que a su vez se relacionan con la conservación del equilibrio hidroosmótico y provisión de nutrientes.

- **Compensación térmica. En los animales homeotermos, la temperatura corporal se mantiene constante aunque constantemente se disipa calor por efecto de la diferencia entre el cuerpo del animal y el entorno atmosférico o acuático, sobre todo en ambientes fríos. El calor corporal se genera consumiendo ATP.**
- Estabilización de la organización molecular. Puesto que cada sustancia tiene propiedades particulares de polaridad, ionización, solvatación, etc., en diferentes niveles; la estabilización a condiciones fisiológicas involucra alguna forma de energía, en las macromoléculas y entre ellas cuando conforman los complejos supramoleculares.
- Otros eventos que consumen algo de energía son la digestión.



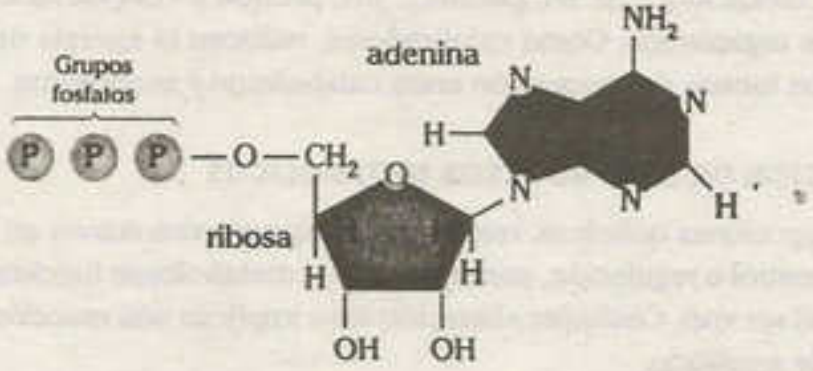
2.3.4. Integración del metabolismo y los intermediarios energéticos

En el desarrollo de las vías catabólicas, la energía presente en los enlaces moleculares se libera, una parte en forma de calor que se disipa por mecanismos de transferencia molecular y difusión hacia el entorno; mientras la energía considerada útil es transferida hacia otras sustancias mediante la formación de nuevos enlaces.

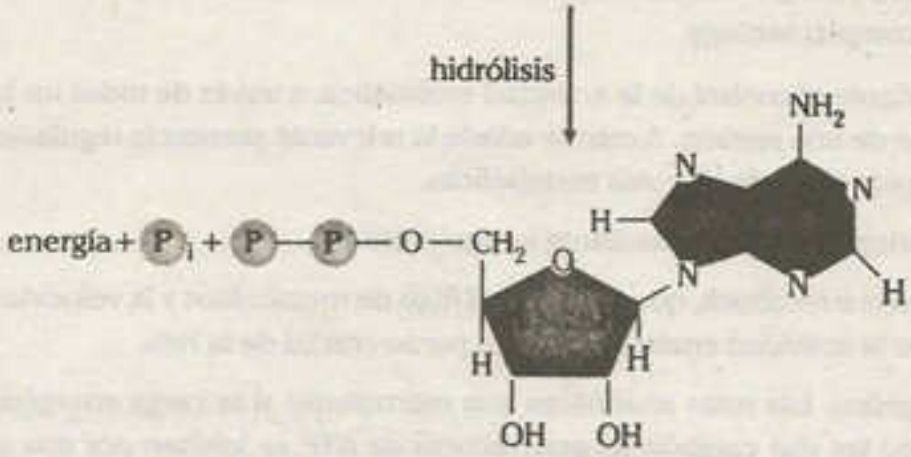
Las sustancias que se originan en esa transferencia son de dos tipos:

- **Nucleótidos fosfatados.** El más importante es el trifosfato de adenosina o ATP que, por su ubicuidad, es considerado una "moneda energética". Otras sustancias de este tipo son el GTP, CTP y UTP. La energía se encuentra en forma de enlaces fosfoéster anhidro, de los cuales hay 2 por cada sustancia. El ATP es importante porque es capaz de transferir la energía de sus enlaces a otras sustancias como la creatina de los músculos, y es utilizado por muchos sistemas enzimáticos. La formación del enlace fosfoanhidro es una fosforilación.

- **Nucleótidos derivados de vitaminas: Coenzimas.** Las reacciones catabólicas pueden involucrar oxidación de las moléculas, por lo cual se transfieren protones y electrones hacia aceptores energéticamente compatibles, los más importantes son derivados de las vitaminas del complejo B, que intervienen como coenzimas, en forma de di nucleótidos: NAD (di nucleótido de nicotinamida y adenina), FAD (di nucleótido de riboflavina y adenina), otros son el NAD y FMN. En este caso la energía se encuentra como protones y electrones. La energía de estas sustancias generalmente se utiliza para generar gradientes que activan la síntesis de ATP como en la fosforilación oxidativa y la fotofosforilación.



Adenosín trifosfato (ATP)



Adenosín difosfato (ADP)

Propiedades termodinámicas de los compuestos de transferencia energética

Un compuesto de alta energía es aquel que contiene, al menos, un enlace con un - G0' de hidrólisis elevado. El ATP posee dos enlaces fosfoanhidro, cuya rotura produce –31 kJ/mol/ por cada uno; equivalente a 7,3 kilo calorías (Kcal). Un rendimiento semejante tienen los otros nucleótidos. Los nucleótidos fosfatados son relativamente estables, de hidrólisis espontánea lenta, y cuando ocurre, espontáneamente o catalizada por una enzima, se libera una energía libre sustancial. La utilización de esa energía para impulsar reacciones endergónicas está acoplada con una reacción termodinámicamente desfavorable. De esta manera, es más exacto decir que el ATP tiene un "potencial de transferencia de grupo fosfato" elevado.

Los demás nucleósidos trifosfato, y otros nucleótidos más complejos, como el NAD^+, poseen valores de _G°_ cercanos a –31 kJ/mol. Sin embargo, la evolución ha originado una serie de enzimas que se unen preferentemente al ATP y utilizan su energía libre de hidrólisis para impulsar las reacciones endergónicas. Existen excepciones, como el empleo de GTP como el principal suministrador de energía en la síntesis de proteínas, y del UTP en la síntesis de polisacáridos. Como consecuencia, el ATP es realmente el nucleótido más abundante.

2.4. LAS ENZIMAS Y EL METABOLISMO ENERGÉTICO

Todos los procesos bioquímicos se realizan con la intervención de enzimas, las que permiten su realización en condiciones de temperatura, *p*H, presión y concentración de sustancias que corresponde a los organismos. Como catalizadores, reducen la energía de activación, aceleran las reacciones y son formas de integración entre catabolismo y anabolismo.

2.5. REGULACIÓN DE LOS PROCESOS METABÓLICOS

Los miles de reacciones químicas, realizadas de manera simultánea en las células, requieren un alto grado de control o regulación, para que todo el metabolismo funcione de forma ajustada a las necesidades del ser vivo. Cualquier alteración lleva implícita una reacción tendente a recuperar su estado inicial de equilibrio.

La mayoría de rutas anabólicas y catabólicas son distintas aunque pueden compartir reacciones reversibles. El ajuste por lo general involucra la inducción estimulación de una, acompañada de la inhibición de otra complementaria.

Esto se realiza mediante el control de la actividad enzimática, a través de todos los factores que influyen en la cinética de una enzima. A esto se añade la relevante presencia reguladores alostéricos enzimáticos en puntos clave de las rutas metabólicas.

Las enzimas alostéricas se regulan mediante lo siguiente:

- Retroalimentación o *feedback*, que modifica el flujo de metabolitos y la velocidad aumentando o disminuyendo la actividad enzimática en un punto crucial de la ruta.
- El estado energético. Las rutas anabólicas son estimuladas si la carga energética es alta y en sentido contrario las vías catabólicas generadoras de ATP se inhiben por una alta concentración de ATP y otros compuestos de transferencia energética.
- Modificación covalente reversible. Se realiza mediante la adición de un grupo fosfato por otro sistema enzimático de proteína quinasas que adicionan fosfato y fosfatasas que lo eliminan.
- Regulación mediante el control de la cantidad de enzimas. Requiere regular la síntesis y degradación de las mismas.
- El control mediante la cantidad de sustrato se realiza limitando los mecanismos de transporte al interior celular o restringiendo su acceso por su localización y distribución en compartimentos celulares específicos.
- Otro sistema de control es la separación en diferentes compartimentos celulares de las rutas biosintéticas y degradativas. Ocurre en tres niveles: molecular, celular y tisular.

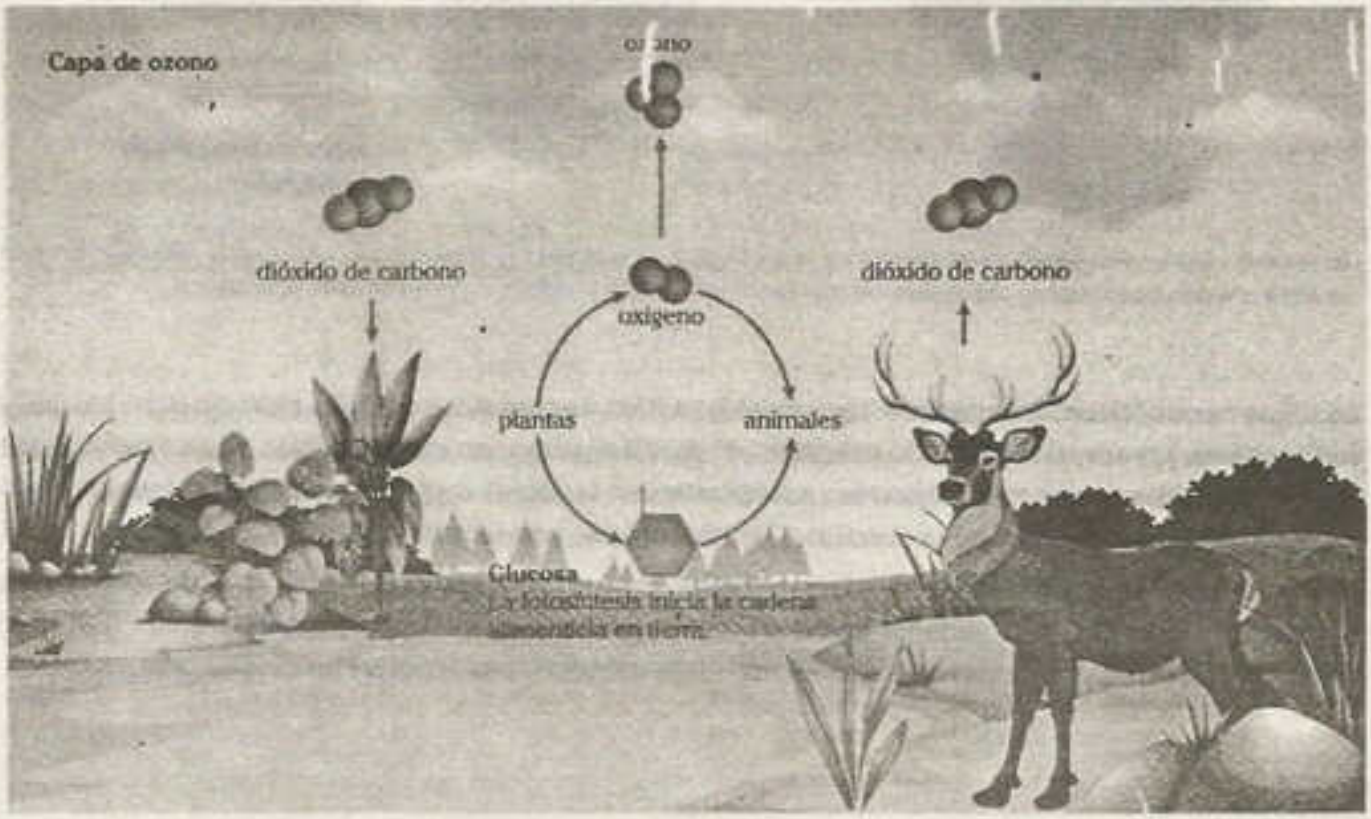
3› FOTOSÍNTESIS

Es el proceso bioquímico en el cual la energía luminosa es transformada en energía química mediante la elaboración de moléculas orgánicas que contienen la energía en sus enlaces. En el proceso ocurre la transformación de sustancias inorgánicas, agua y dióxido de carbono, en glúcidos de naturaleza orgánica. Si en el proceso se libera oxígeno, como ocurre en plantas, algas y algunas bacterias, se denomina oxigénica. La fotosíntesis anoxigénica no libera oxígeno y ocurre en otras especies de bacterias.

3.1. IMPORTANCIA

La fotosíntesis que realizan los organismos fotoautótrofos, como las plantas, las algas y las bacterias es de importancia capital en la vida terrestre, por lo siguiente:

- Permite la elaboración de sustancias orgánicas que sirven como nutrientes a nivel celular. Cuando los nutrientes son transferidos de los productores a los consumidores se inician las cadenas alimentarias, forma funtamental de interacción biológica en los ecosistemas.
- Es la principal forma de aprovechamiento directo de la energía luminosa.
- Al utilizar el dióxido de carbono, como materia prima, disminuye su impacto en el sobrecalentamiento de la atmósfera terrestre y en el efecto invernadero.
- La fotosíntesis oxigénica proporciona oxígeno molecular utilizado en la respiración celular aerobia.
- Una porción de oxígeno se transforma en ozono y constituye una barrera protectora contra la radiación ultravioleta.



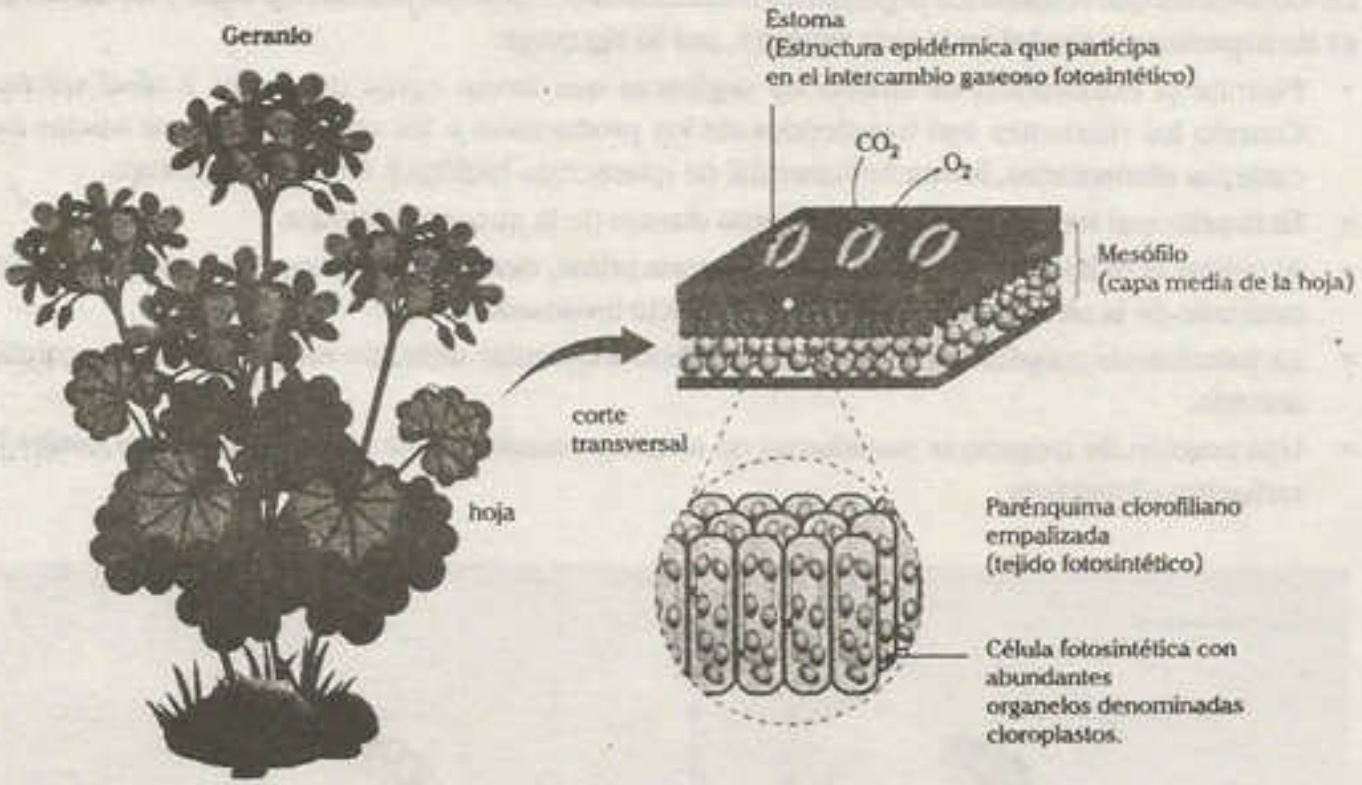
El oxígeno y los nutrientes producidos por las plantas son usados en la respiración de las diversas formas de vida.

3.2. ORGANISMOS FOTOSINTÉTICOS

Los organismos que realizan fotosíntesis son las plantas, las algas eucarióticas, las cianobacterias y otras bacterias fotosintéticas.

3.2.1. Localizacion en plantas

Las plantas realizan la fotosíntesis en hojas, en tallos verdes y en órganos fotosintéticos típicos. En estos órganos se localiza el tejido denominado parénquima clorofiliano o clorénquima, constituido por células con abundantes cloroplastos, organelas fotosintéticas que contienen los pigmentos fijadores de la luz y las enzimas requeridas en el proceso.

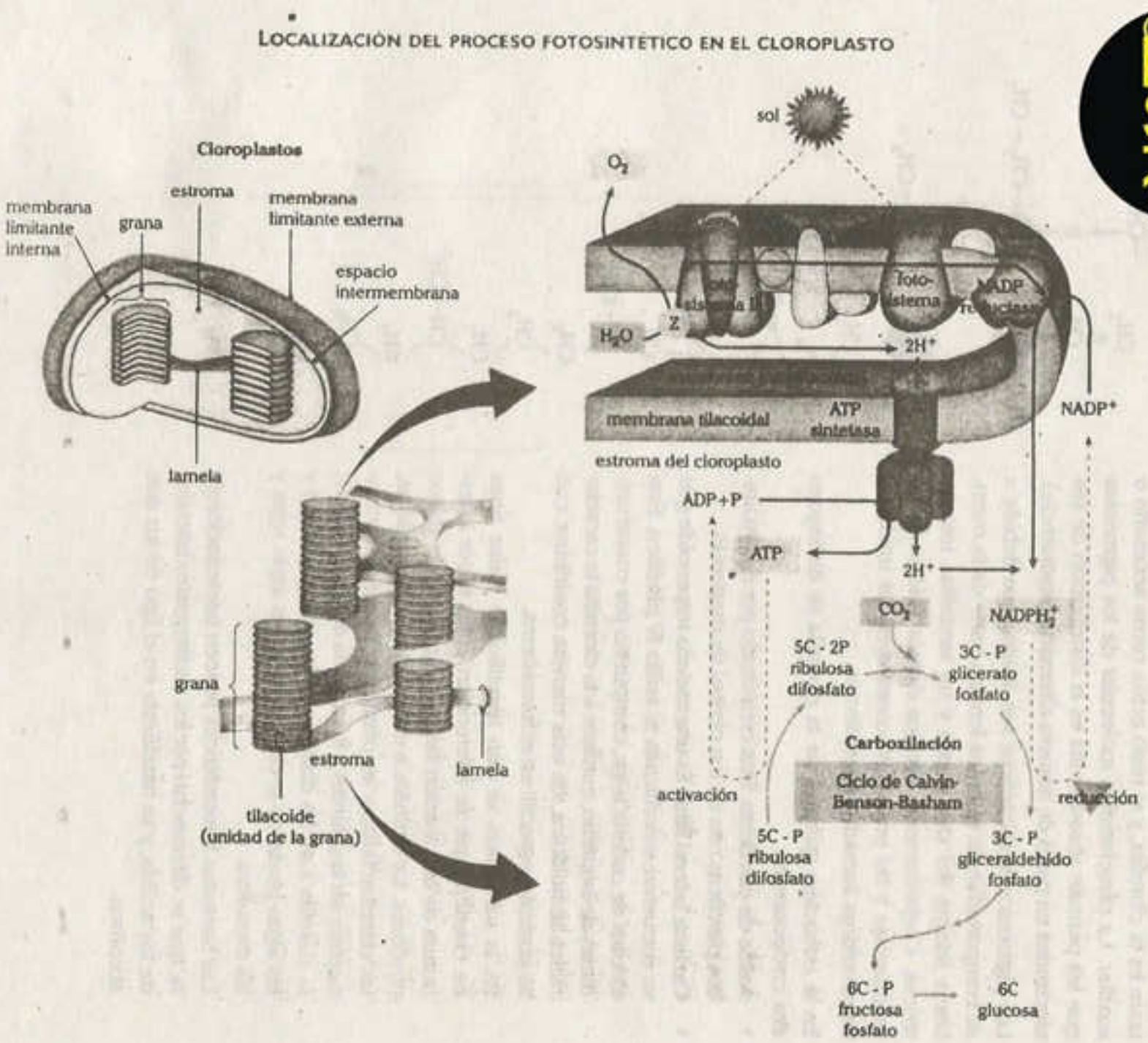


Las plantas usan como órgano fotosintético a la hoja típica, la que lleva la zona media denominada mesófilo. En este abunda el tejido denominado parénquima clorofiliano, formado por células con muchos cloroplastos.

Las algas eucarióticas unicelulares, las clorofitas y las euglenofitas poseen cloroplastos. Las algas pluricelulares presentan un tejido primitivo, el plecténquima, en cuyas células ocurre la fotosíntesis. Los plastidios involucrados son los rodoplastos en las algas rojas, los xantoplastos en las diatomeas, los feoplastos en las algas pardas y los cloroplastos en las algas verdes.

Las cianobacterias y las demás bacterias fotosintéticas son organismos procariontes, no poseen plastidios y tienen la maquinaria fotosintética en sacos membranosos, denominados laminillas fotosintéticas, otros componentes, principalmente enzimas, se localizan en el citoplasma.

LOCALIZACIÓN DEL PROCESO FOTOSINTETICO EN EL CLOROPLASTO



3.2.2. Pigmentos y unidades fotosintéticas

La captación y la fijación de la energía luminosa son efectuadas por un conjunto de sustancias coloreadas denominadas pigmentos, de los cuales el más importante es la clorofila, y el resto actúa como accesorio o auxiliar. La característica molecular de los pigmentos que les permite absorber luz es la distribución de sus electrones en pares de manera alternada (resonancia).

Los pigmentos fotosintéticos son lípidos que debido a su comportamiento químico forman parte de la membrana interna del cloroplasto y las laminillas fotosintéticas. Conjuntamente con los demás lípidos de las membranas y las proteínas, constituyen las unidades fotosintéticas llamados fotosistemas.

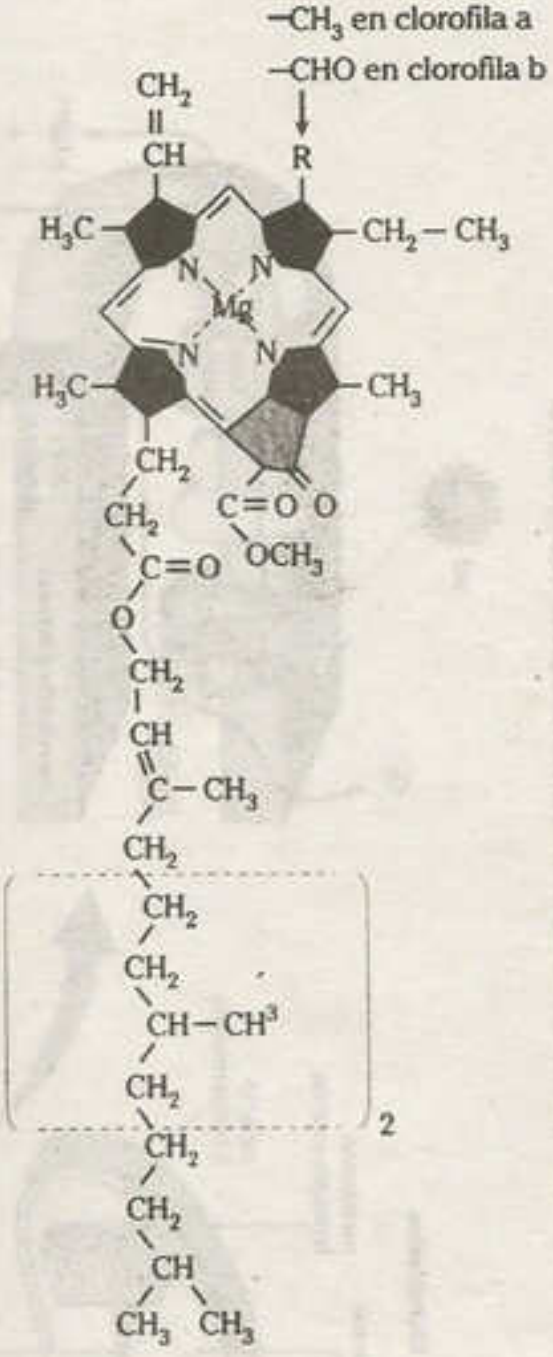
En la estructura química de la clorofila se distinguen dos componentes:

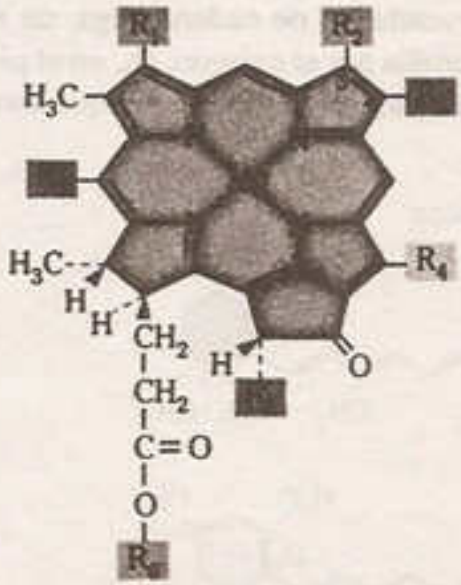
- **Anillo de porfirina.** Esta constituido por cuatro anillos pirrólicos con un ion central de magnesio.
- **Cadena lateral fitol.** Es una cadena terpenoide que se encuentra esterificada al anillo IV pirrólico. Este alcohol de cadena larga, compuesto por cuatro unidades de isopreno, confiere a la clorofila la característica hidrofóbica, de esta manera contribuye con su posición espacial en el fotosistema.

  En la naturaleza se han identificado varios tipos de clorofila, que se diferencian entre sí por la estrutura de las cadenas laterales unidas a los anillos pirrólicos. La clorofila a está presente en las algas, las cianobacterias y las plantas; la clorofila b se encuentra en las plantas y la mayoría de algas verdes; la clorofila a en las diatomeas, las dinoflagelados y las algas pardas; y la clorofila d en las algas rojas y las cianofitas.

  Las bacterias fotosintéticas poseen bacteriocloro-fila, que se diferencian por los sustituyentes laterales de los anillos, y se manifiesta en el tipo de luz que absorben.

ESTRUCTURAS DE LAS CLOROFILAS



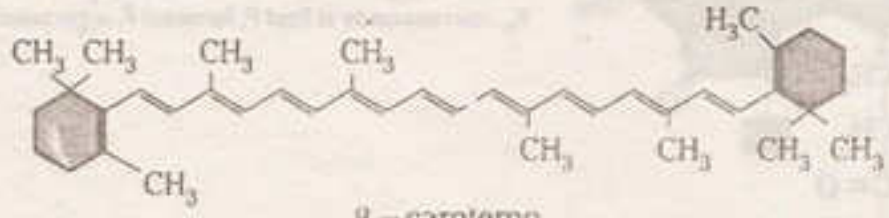


Estructura general de las bacterioclorofilas. La cadena lateral R_6, corresponde al fitol P, farnesol F, o geraniol G, o estearíol S.

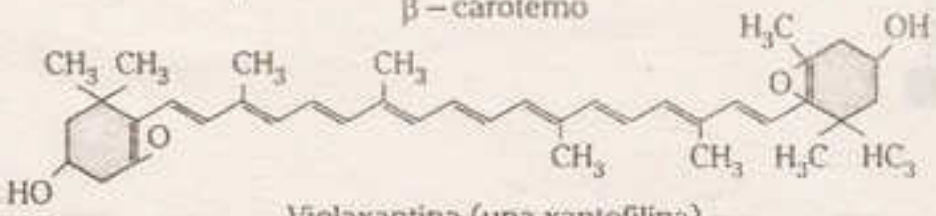
Pigmento	■	■	■	R_4	■	R_6	■	Máximo de absorción (nm) In vivo	Máximo de absorción (nm) Extracto metanol
Bacterioclorofila *a* (bacterias rojas)	$-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-CH_3$	$-CH_3$[b]	$-CH_2-CH_3$	$-CH_3$	$-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-CH_3$	P/G/S[e]	$-H$	805 830-890	771
Bacterioclorofila *b* (bacterias rojas)	$-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-CH_3$	$-CH_3$[c]	$=\overset{\overset{H}{\|}}{C}-CH_3$	$-CH_3$	$-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-CH_2$	P	$-H$	835-850 1020-1040	794
Bacterioclorofila *c* (bacterias verdes del azufre)	$-\overset{\overset{OH}{\|}}{\underset{\underset{H}{\|}}{C}}-CH_3$	$-CH_3$	$-C_2H_5$ $-C_3H_7$[d] $-C_4H_9$	$-C_2H_5$ $-CH_3$	$-H$	F	$-CH_3$	745-755	660-669
Bacterioclorofila c_s (bacterias verdes no del azufre)	$-\overset{\overset{OH}{\|}}{\underset{\underset{H}{\|}}{C}}-CH_3$	$-CH_3$	$-C_2H_5$	$-CH_3$	$-H$	S	$-CH_3$	740	667
Bacterioclorofila *d* (bacterias verdes del azufre)	$-\overset{\overset{OH}{\|}}{\underset{\underset{H}{\|}}{C}}-CH_3$	$-CH_3$	$-C_2H_5$ $-C_3H_7$ $-C_4H_9$	$-C_2H_5$ $-CH_3$	$-H$	F	$-H$	705-740	654
Bacterioclorofila *e* (bacterias verdes del azufre)	$-\overset{\overset{OH}{\|}}{\underset{\underset{H}{\|}}{C}}-CH_3$	$-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H$	$-C_2H_5$ $-C_3H_7$ $-C_4H_9$	$-C_2H_5$	$-H$	F	$-CH_3$	719-726	646
Bacterioclorofila *g* (heliobacterias)	$-\overset{\overset{H}{\|}}{C}=CH_2$	$-CH_3$[b]	$-C_2H_5$	$-CH_3$	$-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-CH_3$	F	$-H$	670-788	765

Los **pigmentos accesorios**, como los carotenos, son hidrocarburos de cadena larga, de estado oleoso y su función principal es evitar la oxidación de la clorofila por el oxígeno, O_2, en el proceso fotosintético. También contribuyen a la transferencia de energía a las clorofilas, aunque son poco eficientes.

ESTRUCTURA DE CAROTENOS



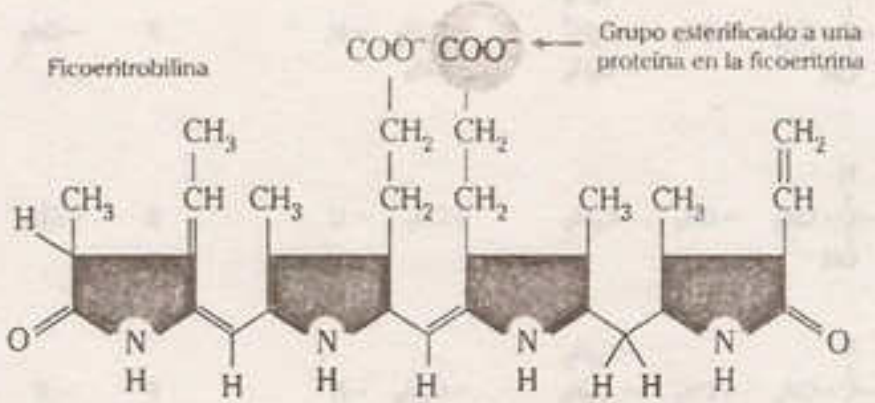
β – caroteno

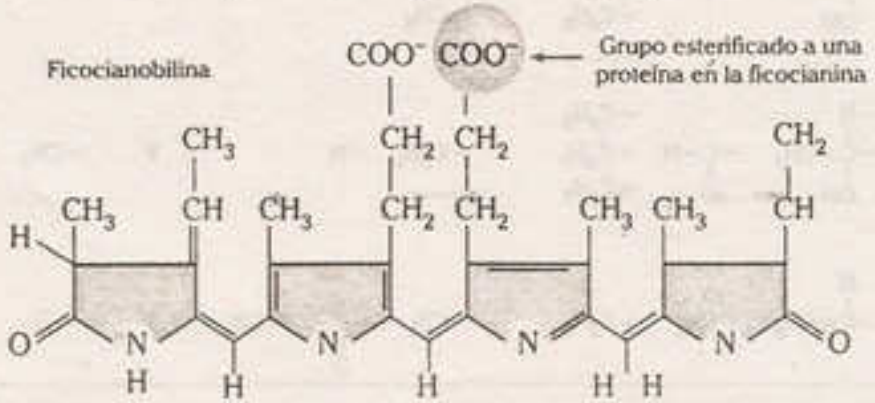


Violaxantina (una xantofilina)

Las **ficobilinas** son proteínas conjugadas coloreadas o cromoproteínas (proteínas asociadas a un pigmento). Los pigmentos como la ficoeritrobilina y la ficocianobilina son tetrapirroles de cadena abierta, que en conjunto constituyen los ficobilisomas (muy comunes en cianobacterias y algas rojas). Estos son más eficientes en la transferencia de energía a la clorofila a que los carotenoides.

ESTRUCTURAS DE FICOBILINAS



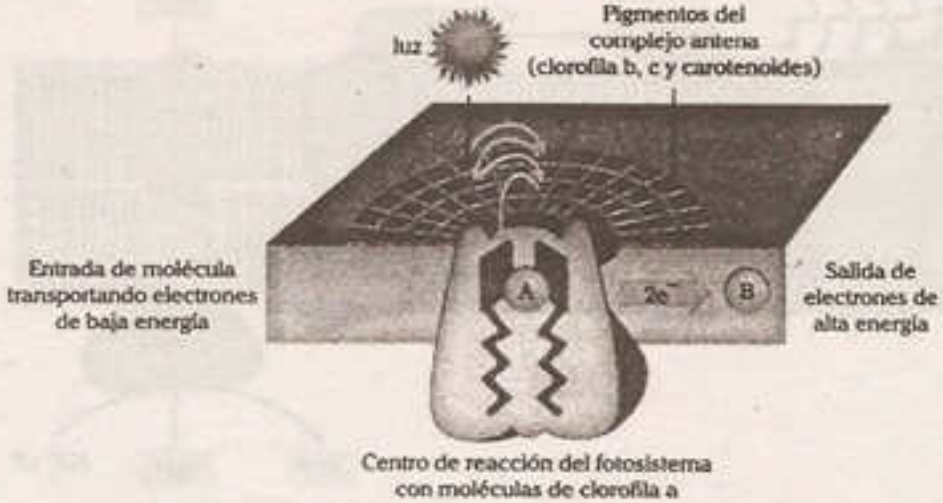


DISTRIBUCIÓN DE LOS PIGMENTOS EN ORGANISMOS FOTOSINTÉTICOS

organismo	clorofila				bactericlorofila				carotenoides	ficobilinas
	a	b	c	d	a	b	c	d		
Eucariontes										
musgos, helechos plantas con semillas	+	+	–	–					+	–
algas verdes	+	+	–	–					+	–
euglenoides	+	+	–	–					+	–
diatomeas	+	–	+	–					+	–
dinoflagelados	+	–	+	–					+	–
algas pardas	+	–	+	–					+	–
algas rojas	+	–	–	+					+	+
Procariontes										
algas verdeazules	+	–	–	–					+	+
proclorofitas	+	+	–	–					+	–
bacterias purpúreas del azufre					+	+	–	–	+	–
bacterias purpúreas no azufradas					+	+	–	–	+	–
bacterias verdes					+	–	+	+	+	–

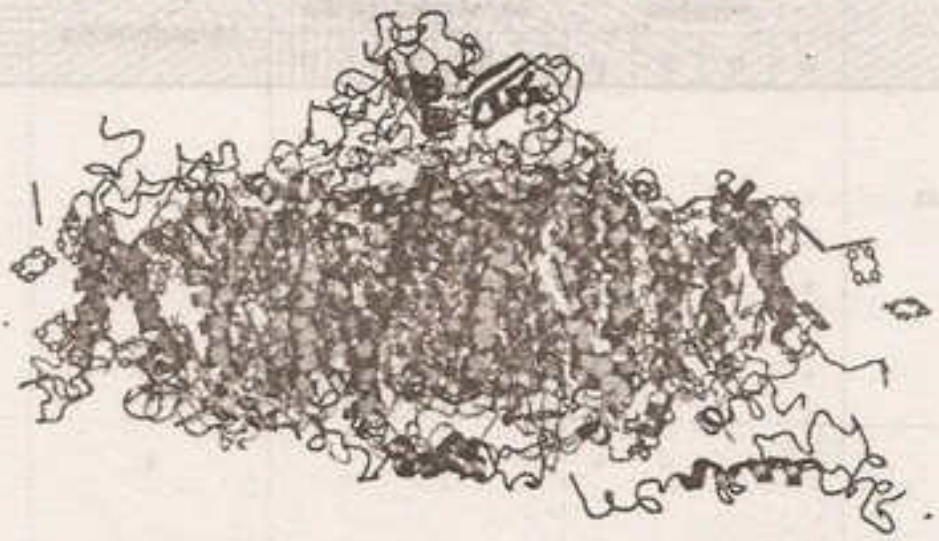
twitter.com/calapenshko

En el cloroplasto, los fotosistemas se localizan en los tilacoides. En bacterias y cianofitas, están en las laminillas fotosintéticas. Cada fotosistema posee una gran cantidad de pigmentos que, por su naturaleza lipófila, se integran a la membrana tilacoidal. La molécula que constituye el centro de la actividad absortiva es la clorofila A, mientras que la clorofila b, c, carotenos y otros transfieren la energía hacia las moléculas centrales.



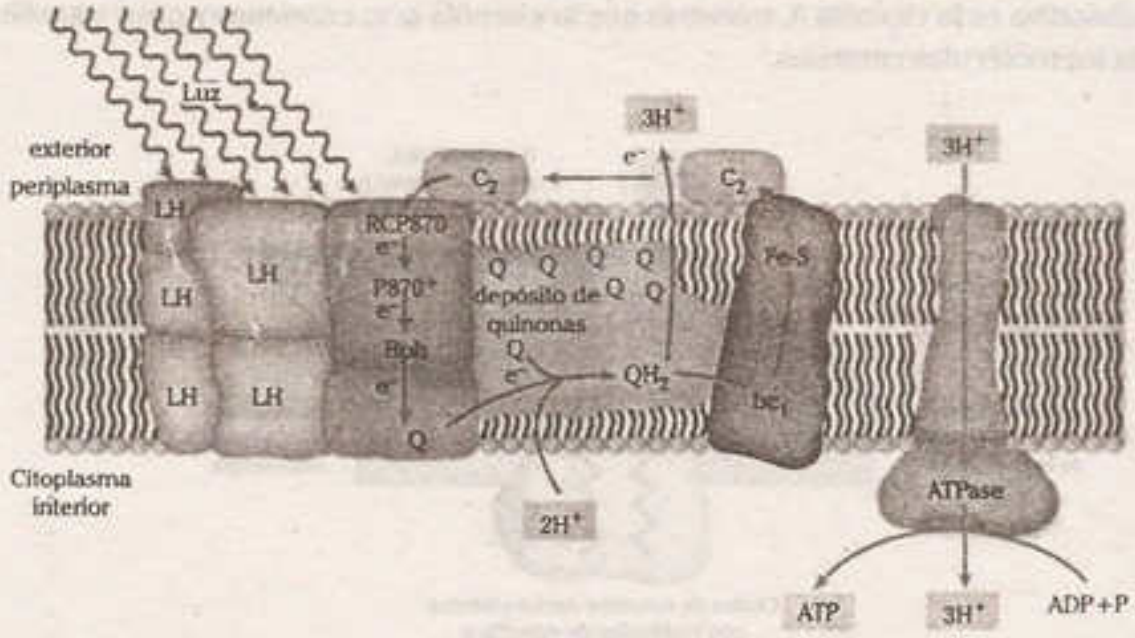
Un fotosistema consta de un conjunto organizado de pigmentos antena y un centro de reacción, los primeros captan la energía luminosa y la transfieren al centro de reacción, el cual permite a su vez el flujo de electrones desde la molécula A hacia la molécula B.

IMAGEN TRIDIMENSIONAL DE UN FOTOSISTEMA



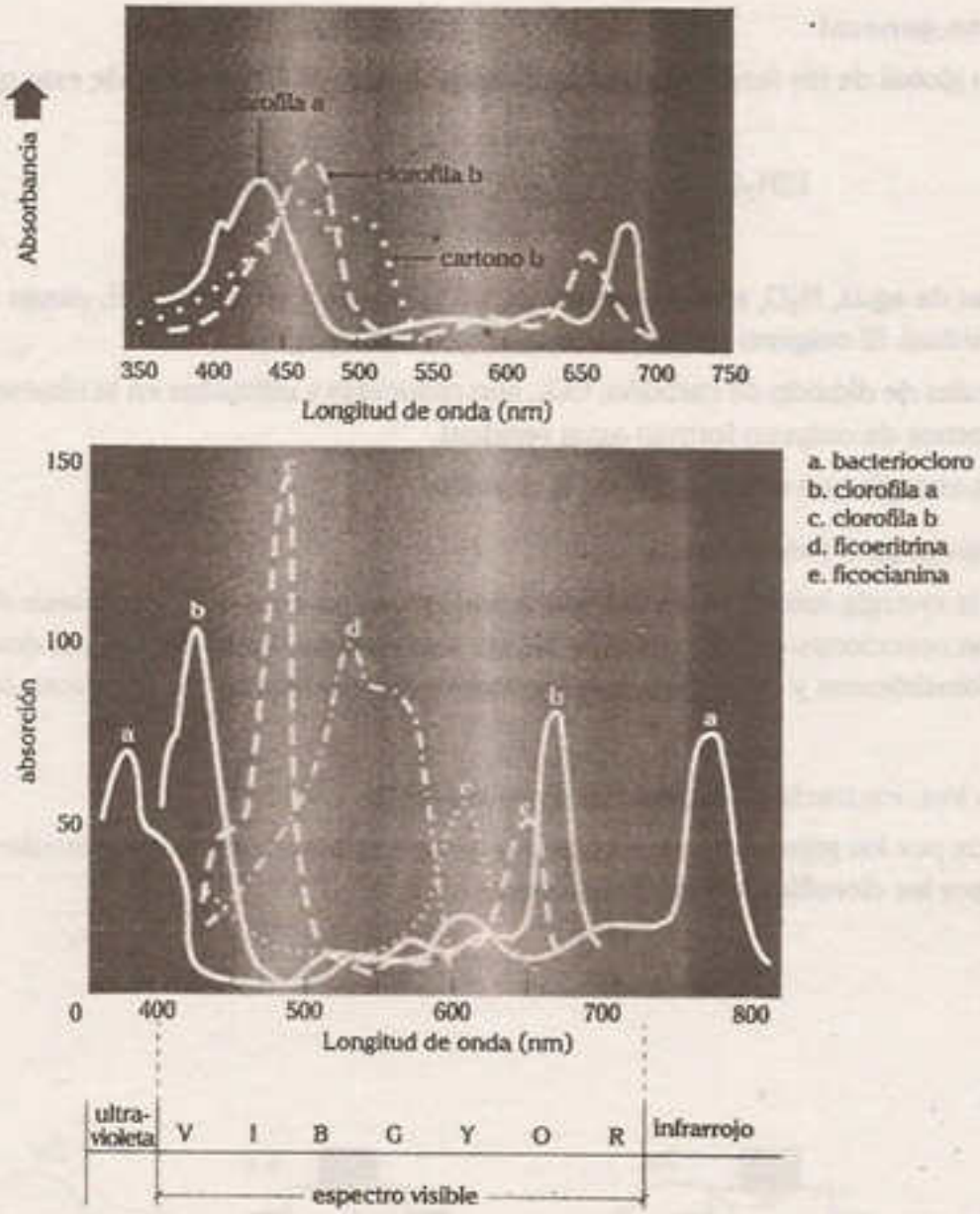
Clorofila y demás pigmentos en verde, proteínas catalíticas (enzimas) en fucsia, azul y amarillo. Este complejo supramolecular se localiza en la membrana de los tilacoides.

En las plantas, algas y cianobacterias, los fotosistemas contienen algunos pigmentos diferentes entre sí, por los cual son denominados FSI y FSII. Ambos fotosistemas funcionan de manera complementaria, en una agrupación funcional denomina cuantosoma. Muchas bacterias como las púrpuras y verdes carecen de fotosistema II.



Organización de un fotosistema en una bacteria roja que realiza fotosíntesis anoxigénica. Tomado de *Brock: Biología de los microorganismos*

ESPECTRO DE ABSORCIÓN DE LOS PIGMENTOS FOTOSINTÉTICOS



3.2.3. Enzimas de la fotosíntesis

Los pigmentos fotosintéticos de los fotosistemas son capaces de asimilar la energía de la luz, lo cual inicia el proceso, sin embargo, la mayoría de reacciones se realiza con la intervención de enzimas acopladas a los fotosistemas. Las enzimas más importantes son las oxidoreductasas, denominadas según el cofactor que presentan (PC, plastocianina; PQ, plastoquinona; citocromooxidasas, etc), otras enzima importante acoplada a los fotosistemas es la ATP sintetasa.

Las enzimas redox conforman la cadena transportadora de electrones de los cloroplastos y laminillas fotosintéticas, asimismo una oxidasa de agua que contiene iones Mn cataliza la ruptura del agua.

Por otro lado, en el estroma, se halla una gran cantidad de estas sustancias, que participan en las reacciones de la fase oscura, por las cuales se transforma el dióxido de carbono en glucosa.

3.3. FOTOSÍNTESIS OXIGÉNICA

3.3.1. Ecuación general

Es la expresión global de los fenómenos bioquímicos de toda la fotosíntesis de este tipo.

$$12H_2O + 6CO2 \xrightarrow[\text{clorofila}]{\text{luz}} C_2H_{12}O_6 + 6H_2O + 6O_2\uparrow$$

Doce moléculas de agua, H_2O, se descomponen, los protones y electrones, H, pasan a formar glucosa y agua residual. El oxígeno se libera como oxígeno molecular.

Las seis moléculas de dióxido de carbono, CO_2, son reducidas y utilizadas en la síntesis de glucosa, $C_6H_{12}O_6$, y 6 átomos de oxígeno forman agua residual.

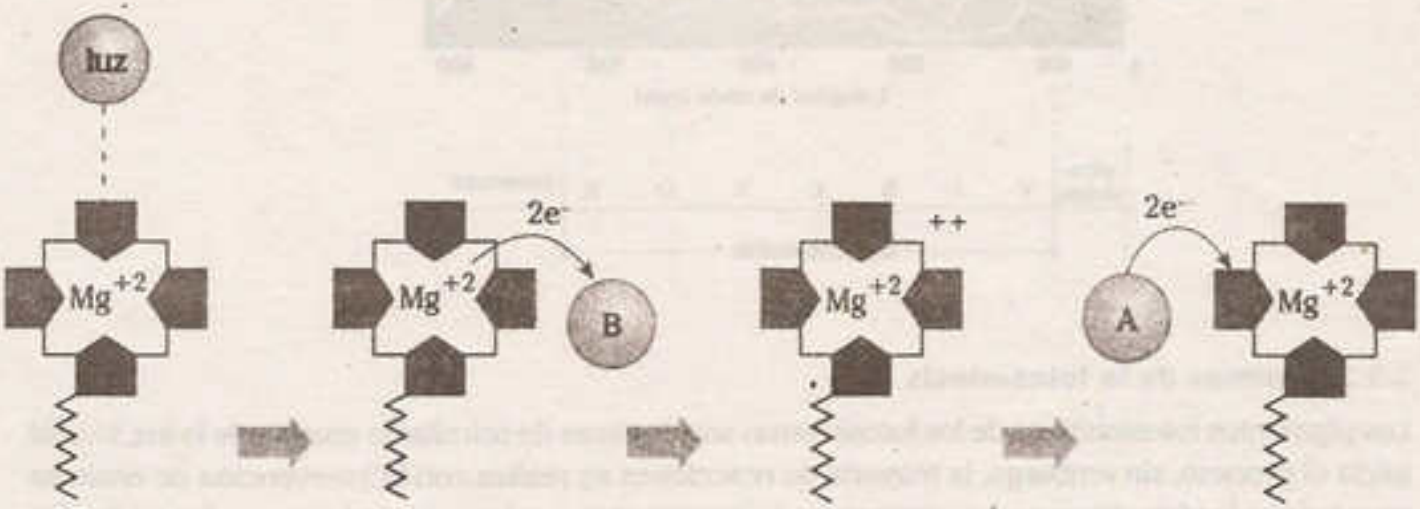
La luz aporta la energía que es captada por la clorofila.

3.3.2. Fase luminosa o fotoquímica

Se transforma la energía luminosa en energía química que se evidencia en síntesis de ATP. También se le llama reacciones de Hill y ocurre en las membranas de los tilacoides, donde están localizados los fotosistemas y la cadena transportadora de electrones. Se producen los siguientes eventos:

a. Fotoabsorción, excitación y oxidación de la clorofila

La luz absorbida por los pigmentos desencadena la excitación electrónica molecular y la pérdida de electrones por las clorofilas, en los fotosistemas I y II.



Captación de luz y fotoexitación de las clorofilas.

Pérdida de e^- por la clorofila, captación de e^- por el receptor B.

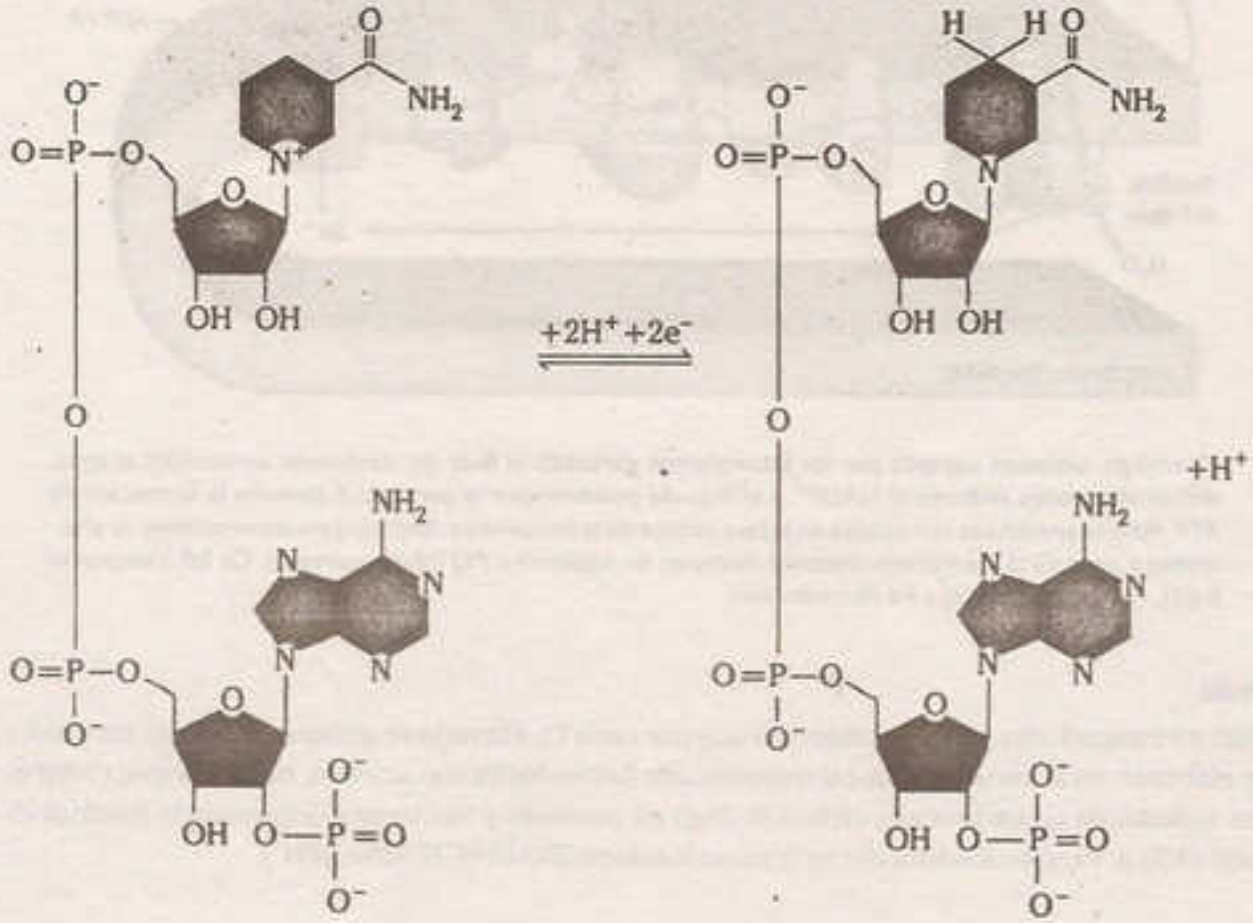
Molécula de clorofila oxidada.

Captación de e^- donados por la molécula A.

b. Transporte de electrones y fotorreducción

Los electrones liberados del agua son transferidos a través de la cadena transportadora de electrones hacia el $NADP^+$ del estroma que como consecuencia se reduce. Durante la transferencia de electrones, se produce el flujo de protones desde el estroma hacia el tilacoide.

ESTRUCTURA DE NADP+ Y REACCIONES DE REDUCCIÓN - OXIDACIÓN



$$NADP^+ + 2H^+ + 2e^- = NADPH + H^+$$

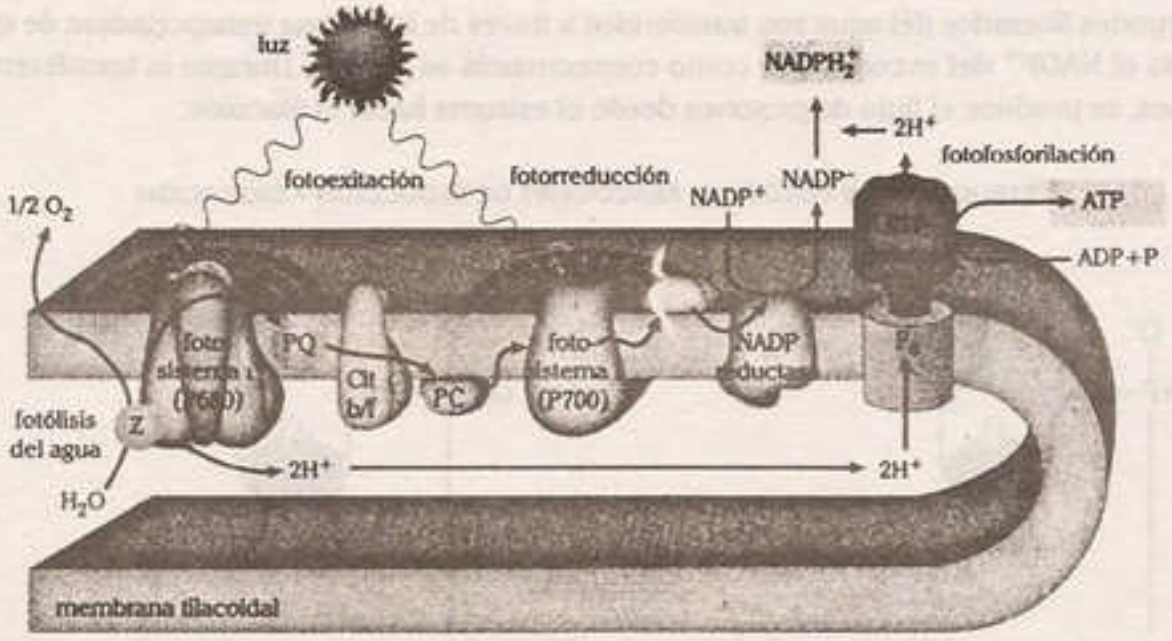
c. Fotólisis del agua

Consiste en la descomposición de las moléculas de agua; como consecuencia, se liberan electrones que son transferidos a la clorofila y se incorporan a la cadena transportadora. Los protones H^+ son transferidos por las enzimas hacia el espacio intratilacoidal. Al romperse el agua se libera oxígeno molecular. En el proceso participa la enzima oxidasa de agua, conocida como proteína Z que contiene un ion de manganeso (Mn^{+2}).

d. Fotofosforilación

La acumulación de protones en el espacio intratilacoidal y el transporte de electrones generan una gradiente (diferencia) de concentración y carga entre el tilacoide y el estroma, como consecuencia se produce el flujo de protones, lo que activa sintetasa. La ATP sintetasa cataliza la unión de ADP (adenosín difosfato) a P (fosfato) y con ello la síntesis (elaboración) de ATP.

FASE LUMINOSA DE LA FOTOSÍNTESIS



La energía luminosa captada por los fotosistemas garantiza el flujo de electrones arrancados al agua, dichos electrones reducen al $NADP^+$ y el flujo de protones por la partícula F permite la formación de ATP. Ambos productos son usados en la fase oscura de la fotosíntesis. Entre los transportadores de electrones a nivel de la membrana tilacoidal destacan los siguientes: PQ (plastoquinona), Cit b/f (citocromo b y f), PC (plastocianina) y Fd (ferredoxina).

Nota

Según investigaciones, se ha establecido que por cada O_2 liberado se generan 3 ATP, de las cuales 2 se elaboran en la secuencia lineal denominada fotofosforilación acíclica, mientras que el tercero es sintetizado en un proceso cíclico de flujo de protones y electrones denominado fotofosforilación cíclica. Proporcionalmente se forman también $2NADPH^+H^+(2NADPH^+)$.

3.3.3. Fase oscura o quimiosintética

Consiste en la conversión de dióxido de carbono en glucosa. En esta etapa se utilizan los productos de la etapa luminosa ATP y $NADPH^+$ y con la incorporación de CO_2 se sintetizan moléculas de azúcares. También se le llama ciclo de Calvin-Benson-Basham y ocurre en el estroma, por la presencia de las enzimas, de las cuales la más importante es la ribulosa carboxilasa o rubisco. Se pueden reconocer los siguientes eventos:

a. Activación de la ribulosa

Las moléculas de ribulosa monofosfato reaccionan con ATP para generar ribulosa-difosfato que actúa como fijador del CO_2.

b. Fijación de CO_2

Las moléculas de ribulosa difosfato reaccionan con el CO_2 de la atmósfera. Inicialmente se forman moléculas inestables de 6 átomos de carbono que se rompen en unidades de 3C, denominadas fosfogliceratos.

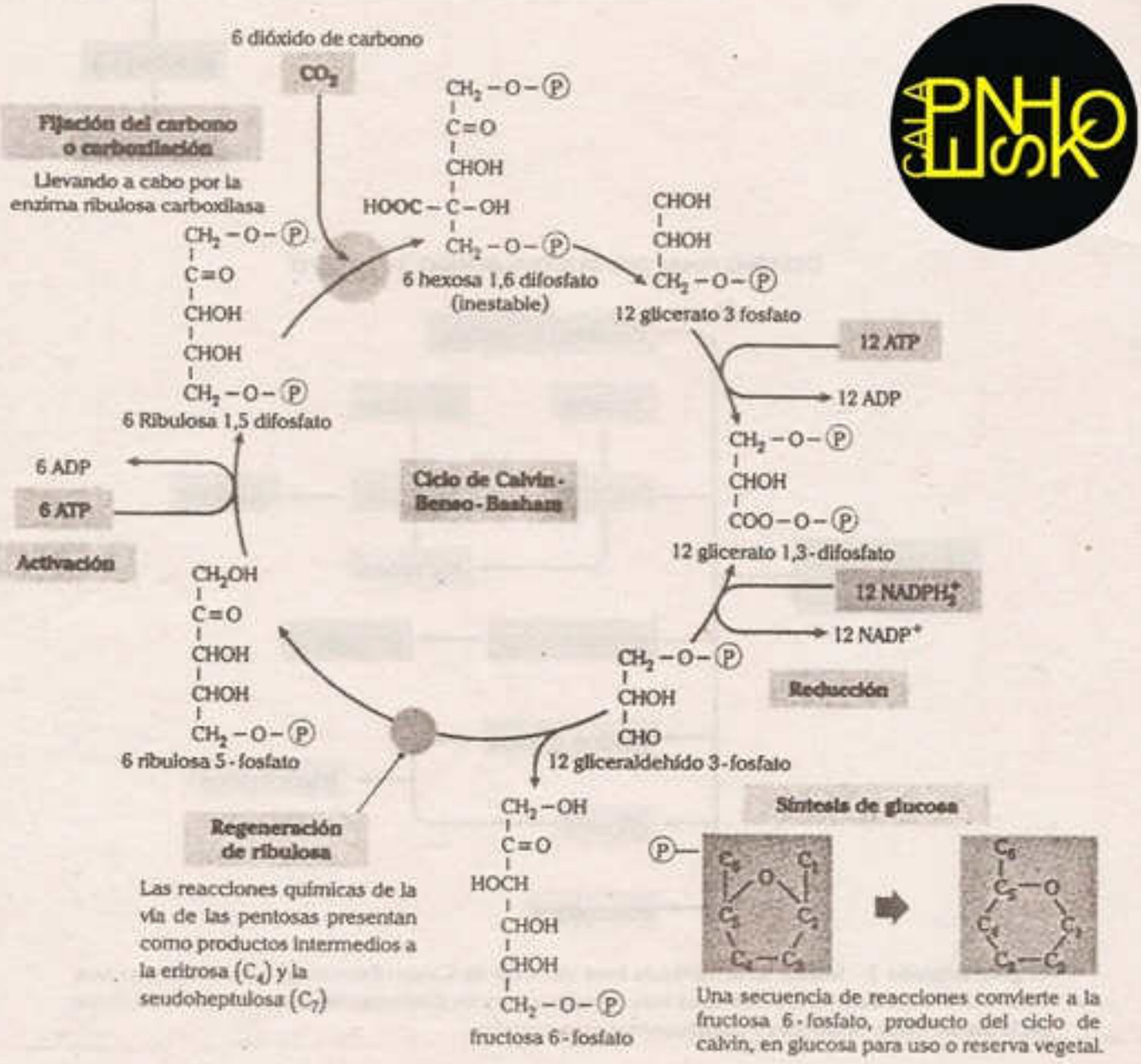
c. Reducción del fosfoglicerato

Las moléculas de fosfoglicerato son transformadas hasta convertirse en fosfogliceraldehído. El proceso incorpora protones y electrones, bajo la forma de hidrógenos, provenientes del $NADPH^+$; este proceso consume energía proporcionada por el ATP.

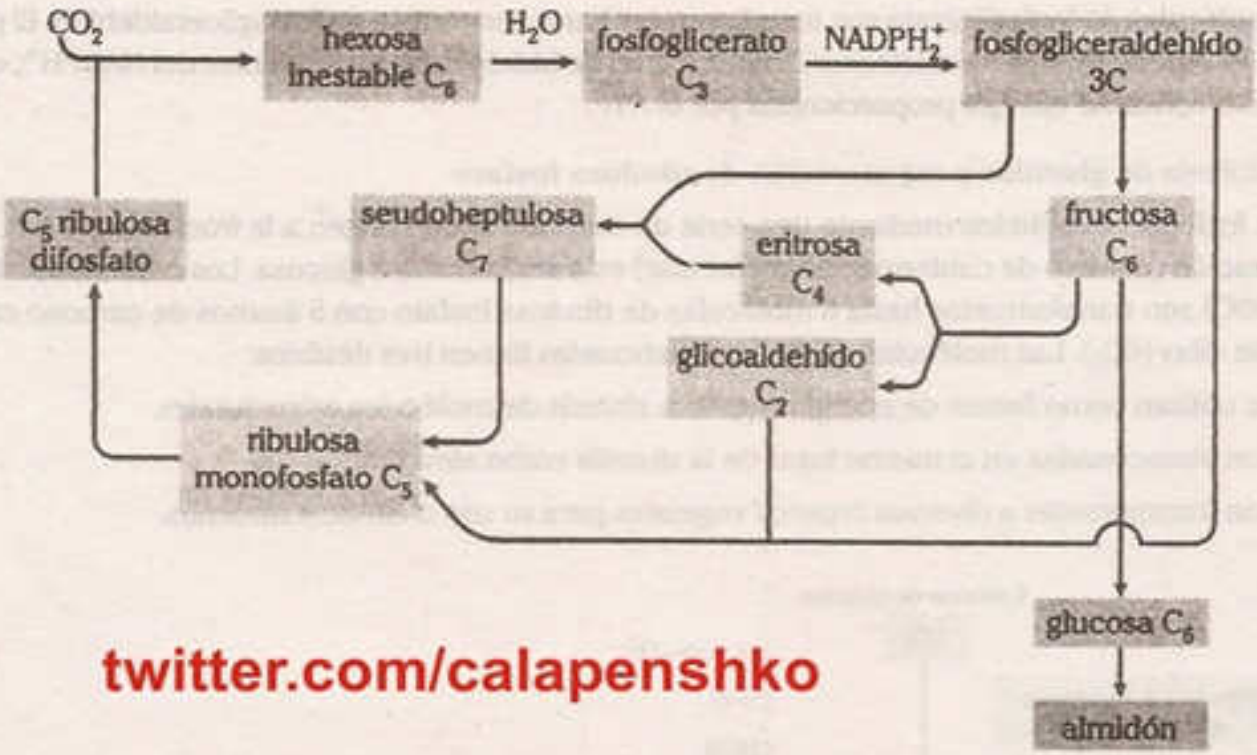
d. Síntesis de glúcidos y regeneración de ribulosa fosfato

Doce fosfogliceraldehídos mediante una serie de reacciones dan origen a la fructosa que por isomerización (cambio de conformación molecular) es transformada a glucosa. Los carbonos restantes (30C) son transformados hasta 6 moléculas de ribulosa fosfato con 5 átomos de carbono cada una de ellas ($6C_5$). Las moléculas de glucosa elaboradas tienen tres destinos:

- Se utilizan como fuente de energía o para la síntesis de moléculas estructurales.
- Son almacenadas en el mismo lugar de la síntesis como almidón.
- Son transportadas a diversos órganos vegetales para su uso o almacenamiento.

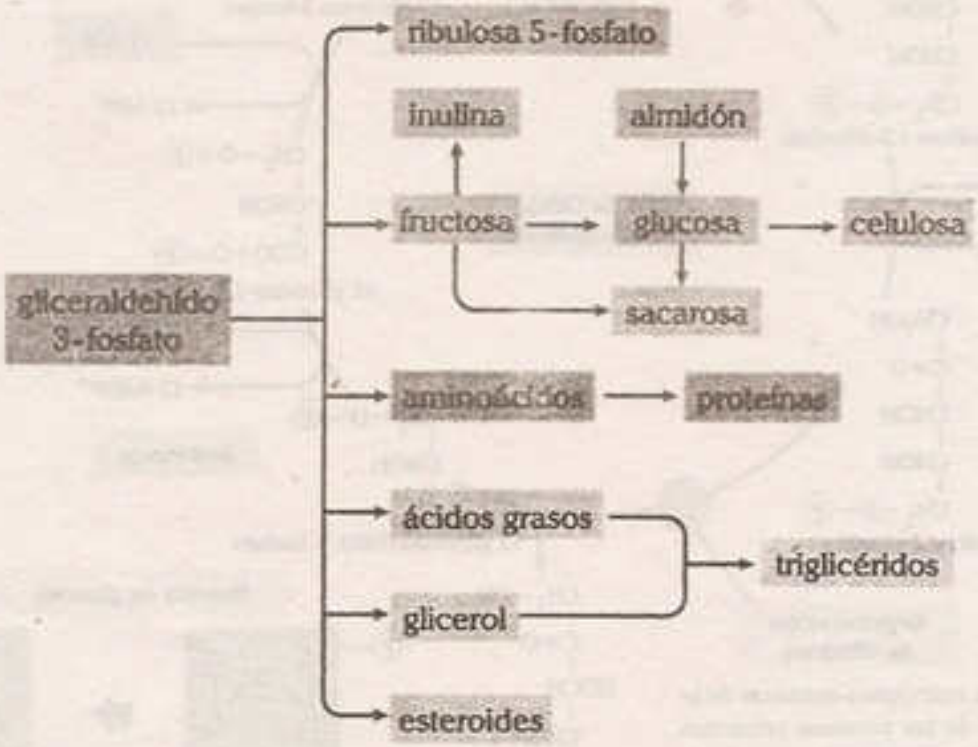


Regeneración y síntesis de glúcidos



twitter.com/calapenshko

Destino final del gliceraldehído 3-fosfato



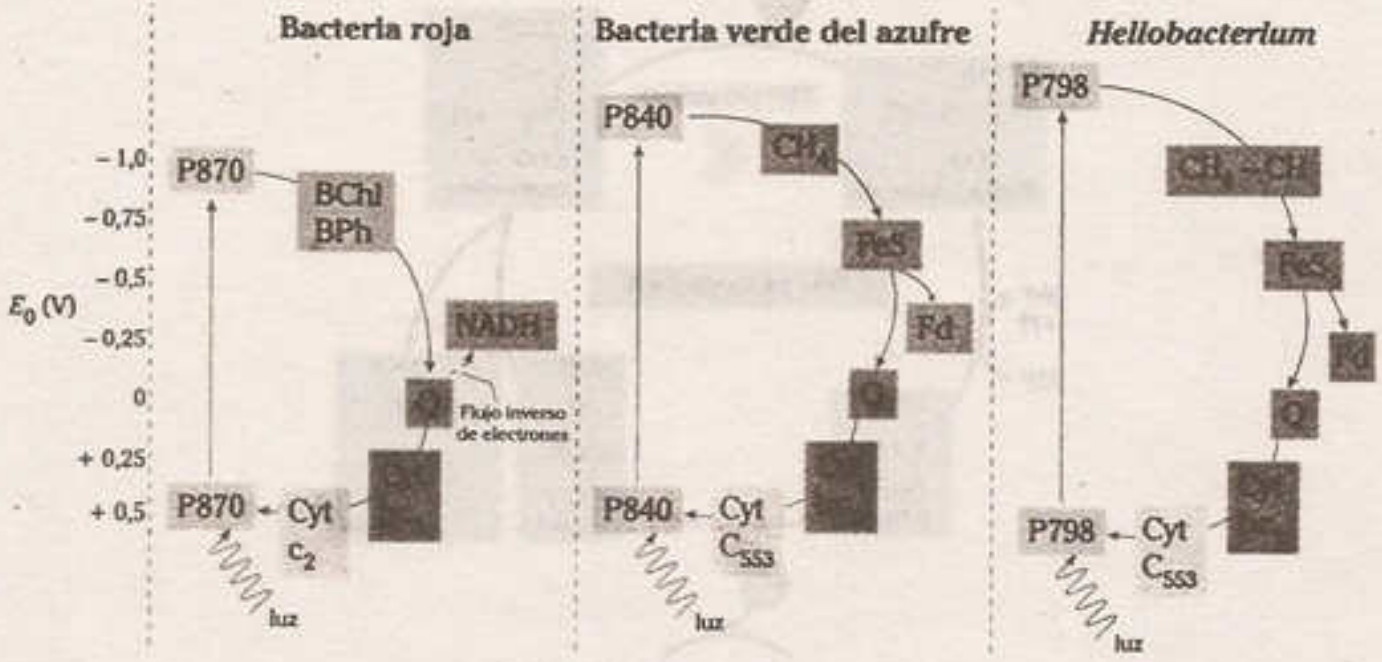
El gliceraldehído 3 - fosfato es la molécula base del ciclo de Calvin-Benson, es a partir de esta que ocurre la síntesis de diversas moléculas más complejas para los diferentes requerimientos metabólicos de la planta, como nutrientes y constituyentes estructurales.

3.4. MODIFICACIONES DE LA FOTOSÍNTESIS

3.4.1. Fotosíntesis anoxigénica

Es realizada por muchas variedades de bacterias y arqueas, las que poseen solo fotosistema I y los demás componentes enzimáticos necesarios para las reacciones luminosas. Otros rasgos distintivos de estos organismos es la presencia de complejos proteínicos acoplados al fotosistema y variedades de bacterioclorofila y feofitina que absorven luz con longitudes algo distintas a las plantas y cianobacterias.

El flujo electrónico es un proceso cíclico donde intervienen los fotosistemas y las enzimas. Las fuentes de electrones y protones son sustancias azufradas, como H_2S y S_2O_3 e iones minerales, como Fe. Se genera azufre residual que se deposita dentro o fuera de la célula.



En algunas especies se origina $NADH^+H^+$ como depósito temporal de electrones y protones.

Existen especies de cianobacterias que realizan fotosíntesis anoxigénica como alternativa, cuando el medio posee abundantes sustancias azufradas.

- En bacterias sulfurosas la ecuación general es la siguiente:

$$\underbrace{12H_2S}_{\text{sulfuro de hidrógeno}} + 6CO_2 \xrightarrow[\text{clorofila}]{\text{luz}} C_6H_{12}O_6 + 6H_2O + \underbrace{12S}_{\text{azufre}}\downarrow$$

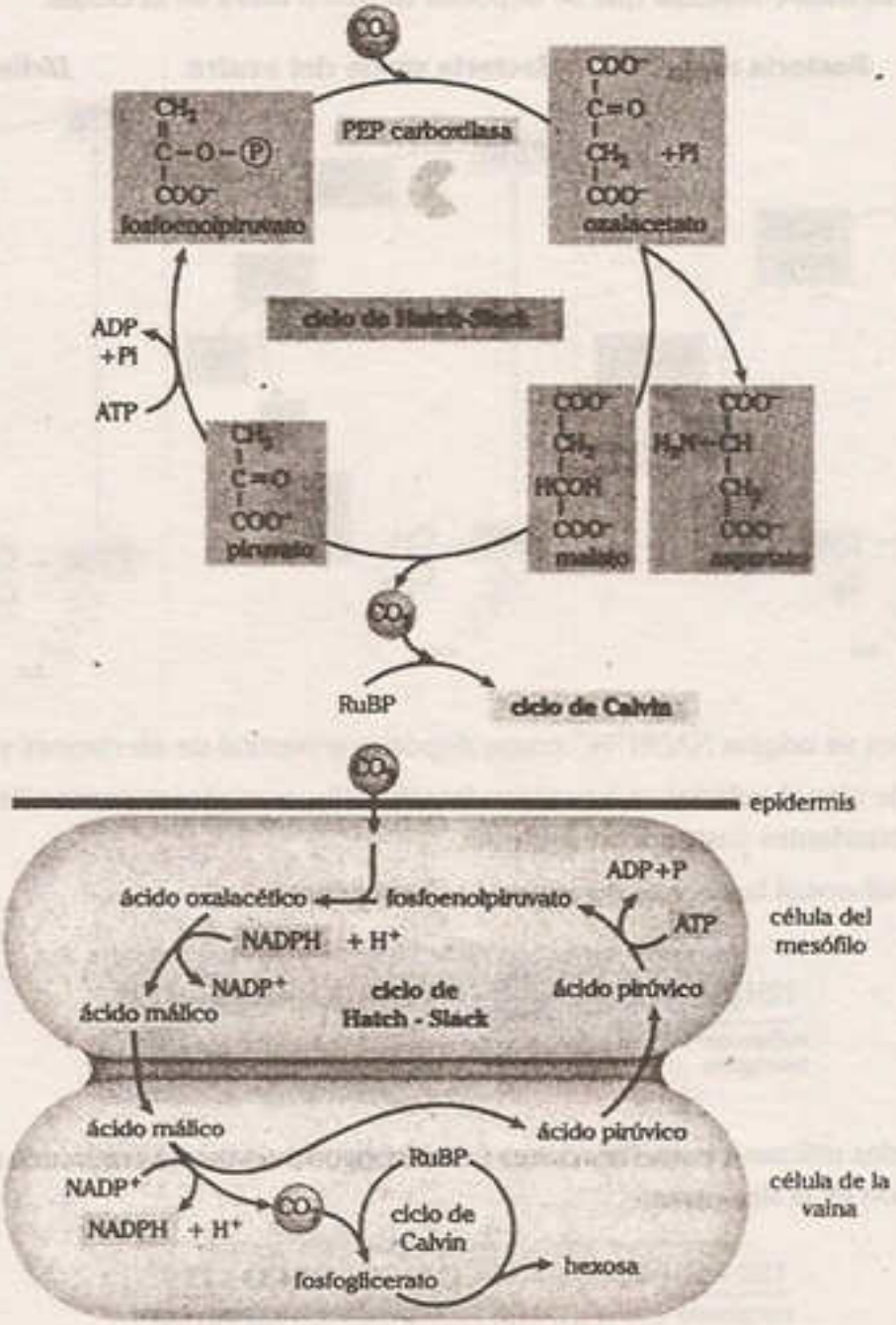
- Algunas bacterias utilizan como donadores de hidrógeno sustancias orgánicas simples, en este caso la ecuación es la siguiente:

$$\underbrace{12R-H}_{\substack{\text{compuesto}\\ \text{orgánico}\\ \text{reducido}}} + 6CO_2 \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 6H_2O + \underbrace{12S}_{\substack{\text{compuesto}\\ \text{orgánico}\\ \text{oxidado}}}$$

3.4.2. Modificaciones de la Etapa Oscura

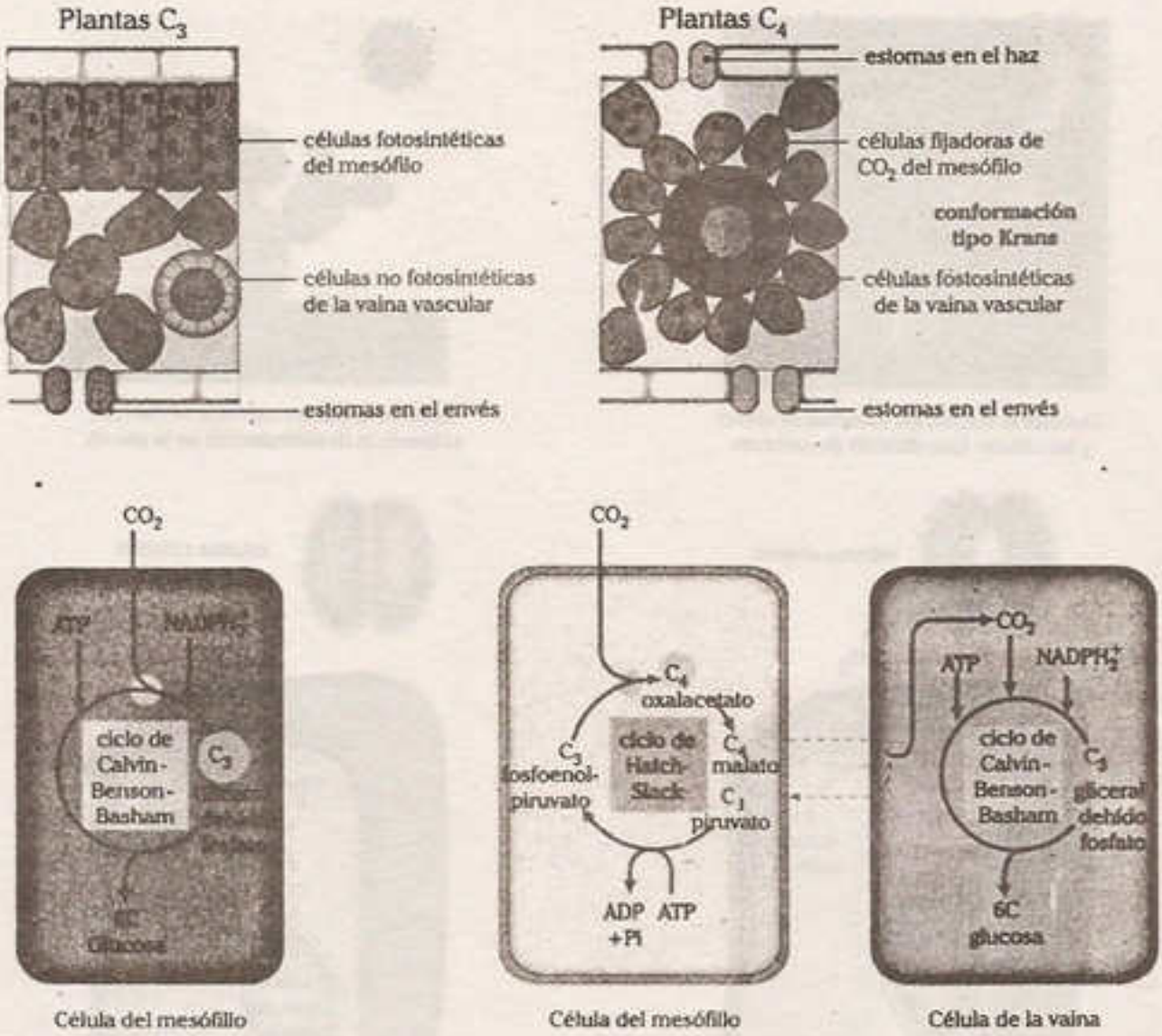
a. Fotosíntesis C_4

Realizada en plantas C_4 gramíneas de crecimiento rápido que realizan el ciclo de Hatch-Slack, en células del mesófilo; y el ciclo de Calvin, en células de la vaina vascular. En el ciclo de Hathc-Slack, al ser fijado el CO_2 por una molécula tricarbonada, denominada fosfoenolpiruvato (PEP), se transforma en una molécula tetracarbonada llamada malato. El malato se acumula en las células de la vaina vascular y de aquí el CO_2 es transferido a las células del mesófilo por descarboxilación del malato. El malato al perder CO_2 regenera fosfoenolpiruvato (PEP) y el CO_2 liberado pasa al ciclo de Calvin.



Ciclo de Hatch-Slack entre las células del mesófilo y la vaina.

COMPARACIÓN ENTRE LA FOTOSÍNTESIS DE PLANTAS C_3 Y PLANTAS C4



Célula del mesófilo Célula del mesófilo Célula de la vaina

b. Fotosintesis en plantas CAM (metabolismo acido de crassuláceas)

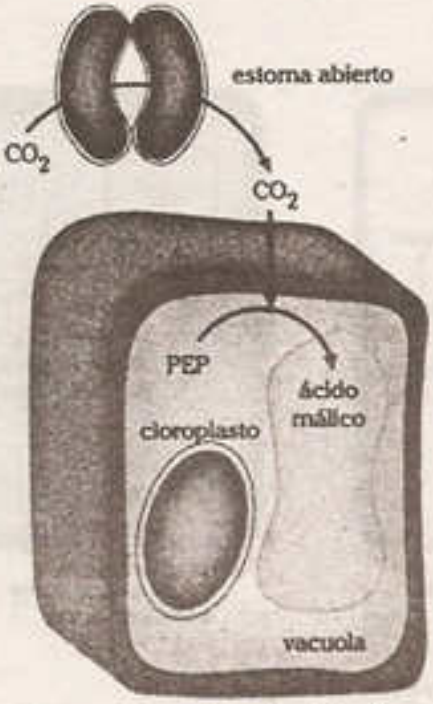
Lo realizan plantas adaptadas para la vida en los climas secos; por lo cual la incorporación de CO_2 solo ocurre en la noche. Estas plantas monocotiledóneas y dicotiledóneas habitan en regiones áridas y secas, donde el factor limitante es el agua, por lo que han desarrollado un mecanismo adaptativo, que les ofrece una ventaja ecológica como es el cierre de los estomas de día y su apertura nocturna. Entre las plantas C.A.M tenemos: bromelias (piña), maguey, sávila, orquídeas, cactáceas, euforbiáceas y crasuláceas.

El CO_2 se une al fosfoenolpiruvato (3C) generando compuestos de cuatro carbonos como el ácido málico que se acumula en la vacuola. En el día, los estomas no están abiertos; sin embargo, se dispone de mucho CO_2 para el ciclo de Calvin. ¿Cómo se obtiene CO_2 durante el día? El ácido málico (malato) almacenado es descarboxilado y convertido en piruvato. La variación en la acidez de las vacuolas fue descubierta en la especie *Bryophyllum calycinum* que pertenece a la familia Crassulaceae y en consecuencia se denominó metabolismo ácido de crasuláceas (C.A.M).

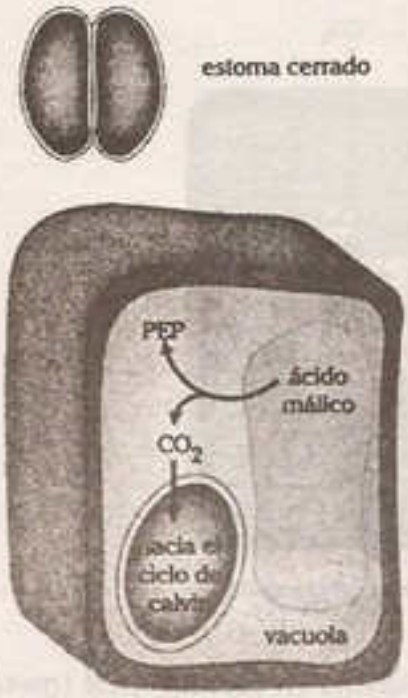
PLANTAS CAM

Durante la noche, los estomas se abren y las células fijan dióxido de carbono.

Durante el día los estomas se cierran, evitando la deshidratación de la planta.



Se forma ácido málico, el cual es almacenado en las vácuolas.



El ácido málico almacenado es desdoblado, liberando CO_2 (este será usado en la fase oscura).

c. Fijación de dióxido de carbono alternativo en bacterias

Existen tres formas comunes que se realizan en diversas especies:

- **Ciclo reductivo del ácido cítrico.** Es un ciclo del ácido cítrico en sentido inverso en ciertas bacterias anaeróbicas y microaeróbicas. En este ciclo se capta CO_2 y H_2O y son transformados en compuestos orgánicos.
- **Vía reductiva del acetil - CoA.** La vía del acetil - CoA reductiva opera solo en bacterias anaeróbias estrictas y en arqueas metanógenas. En esta vía, el dióxido de carbono se convierte en monóxido de carbono y luego se convierte en acetil - CoA, que se utiliza para la biosíntesis.
- **Ciclo del 3 - hidroxipropionato.** Lo utilizan las bacterias verdes no del azufre (Chloroflexus), y las arqueas termoacidófilas.

3.4.3. Fotorrespiración

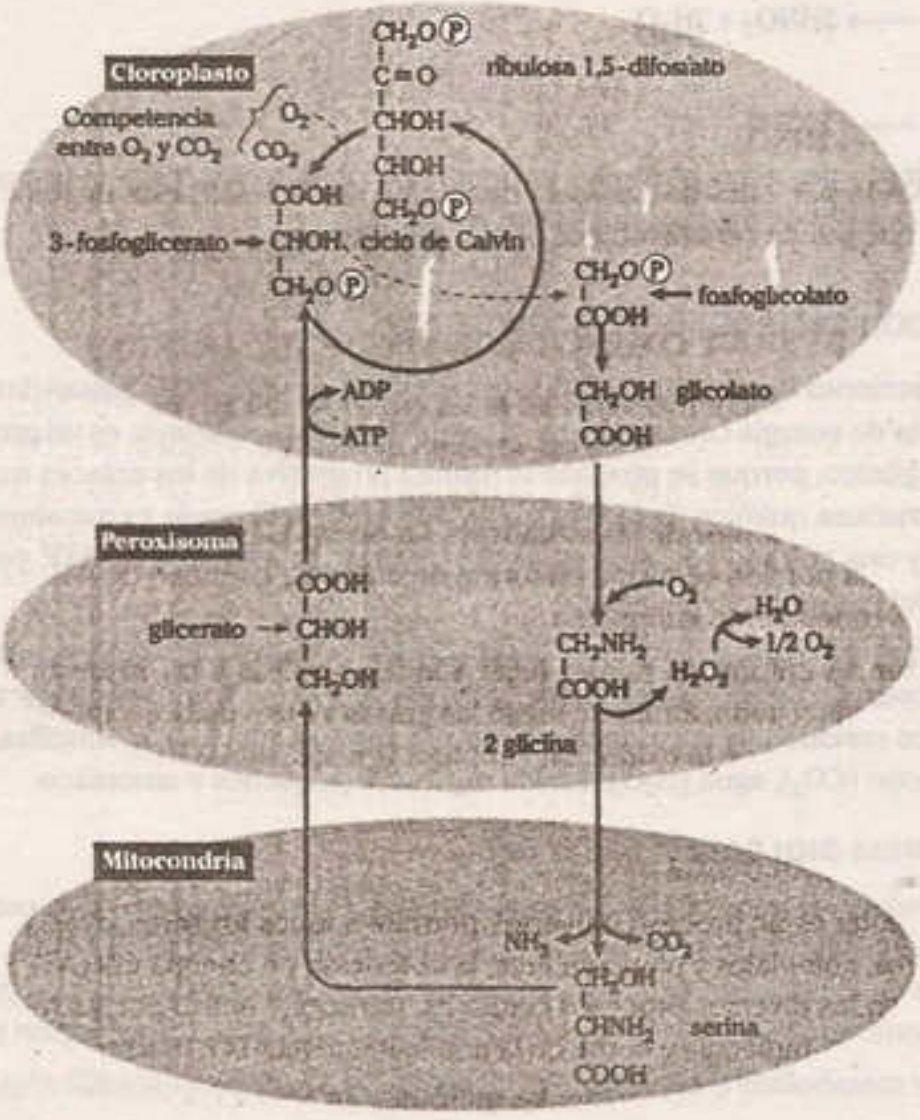
Proceso que ocurre en las plantas C_3, cuando la concentración de oxígeno molecular (O_2) es mayor que la del dióxido de carbono (CO_2).

Cuando las condiciones son apropiadas, los valores atmosféricos de CO_2 permiten la fijación del CO_2 por la ribulosa difosfato, lo que deviene en síntesis de glúcidos. La fotorrespiración se da en condiciones donde existe una mayor concentración de O_2, que compite con el CO_2 y oxida a la ribulosa difosfato, provocando la formación del ácido glicólico o fosfoglicolato, este compuesto de dos carbonos es evacuado del cloroplasto hacia el peroxisoma, porque es un elemento muy reductor, al reaccionar con el O_2 en el peroxisoma da como producto el H_2O_2 que es inmediatamente degradada a H_2O y oxígeno ($½O_2$) y los carbonos son reciclados por la mitocondria para la vía C_3.

Podemos establecer entonces que existe un equilibro entre fotosíntesis y fotorrespiración. Si solo hubiese proceso fotosintético, la liberación constante de O_2 volvería a la atmósfera altamente oxidativa. La fotorrespiración asegura un alto del proceso fotosintético, desviando el ciclo de Calvin.

De esta manera, se evita una mayor producción de O_2 hasta que la condición sea favorable para reactivar la fijación de CO_2.

FOTORRESPIRACIÓN



4▸ Quimiosíntesis

Es el proceso de elaboración de nutrientes a partir de moléculas inorgánicas en el cual el aporte de energía primaria lo proporcionan reacciones de óxido-reducción.

Las moléculas inorgánicas son la fuente de energía primaria y varían según el tipo de bacterias, así como del medio ambiente donde se desarrollan.

Las tiobacterias utilizan sulfuro de hidrógeno (H_2S) y oxígeno molecular (O_2). El proceso se representa como sigue:

$$2H_2S + O_2 \longrightarrow 2H_2O + 2S$$

$$2S + 2H_2O \longrightarrow 2H_2SO_4$$

Las nitrosomonas y las nitrobacterias utilizan compuestos nitrogenados. Las nitrosomonas forman nitritos y las nitrobacterias, nitratos.

Nitrosomonas:

$$2NH_2 + 3O_2 \longrightarrow 2HNO_2 + 2H_2O$$

Nitrobacterias:

$$2HNO_2 + O_2 \longrightarrow 2HNO_3$$

El proceso realizado por estas bacterias se denomina nitrificación, este es importante porque se elabora nitrato, que puede ser absorbidos por las plantas.

5▸ Respiración celular: obtención de ATP

Conjunto de reacciones bioquímicas mediante las cuales se utilizan las sustancias orgánicas nutritivas como fuente de energía celular. Desde el punto de vista bioquímico, es un proceso catabólico, oxidativo y exergónico, porque se produce la ruptura progresiva de los enlaces moleculares, y oxidación en la estructura química de las sustancias. La energía liberada es transformada en enlaces de alta energía y una porción se disipa en forma de calor. La cantidad de ATP generado se utiliza como medida del rendimiento energético.

Los nutrientes que se utilizan en primer lugar son las hexosas y las reservas de estas; glucosa, fructosa, galactosa, glucógeno, almidón; luego las grasas y otros lípidos saponificables; finalmente las proteínas. Los residuos de la oxidación y ruptura son sustancias más sencillas, principalmente dióxido de carbono (CO_2), agua (H_2O), ácidos orgánicos pequeños y amoniaco.

5.1. Importancia biológica

La respiración celular es un proceso universal, permite a todos los seres vivos: procariotas y eucariotas; unicelulares, coloniales y pluricelulares; la obtención de energía útil (ATP). La energía obtenida es utilizada en los diversos procesos celulares: transporte activo por las membranas, motricidad, síntesis de nuevas moléculas; como en la duplicación del ADN, transcripción y traducción, etc.

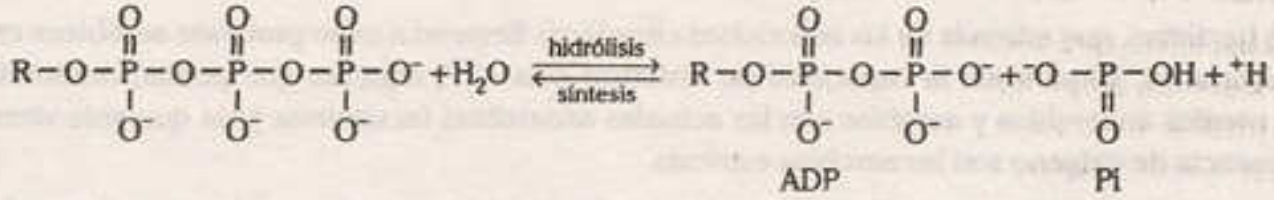
También provee metabolitos o biomoléculas utilizados en otros procesos fisiológicos.

5.2. SÍNTESIS DE ATP EN LA RESPIRACIÓN CELULAR

La síntesis de ATP acoplada a la oxidación catabólica de las sustancias orgánicas consiste en la unión de ADP (adenosín difosfato) y Pi (fosfato inorgánico) formando ATP. Es fosforilación porque el ADP gana un radical P (fosfato). Ocurre en dos formas:

- **Fosforilación en la oxidación de los nutrientes.** Durante la oxidación y ruptura de moléculas, en reacciones catalizadas por enzimas que acoplan la reacción a la formación de ATP. Ocurre en la glucólisis y el ciclo de Krebs. El nombre simplificado es **fosforilación a nivel sustrato**. Las reacciones también generan protones y electrones ricos en energía que intervienen en la cadena respiratoria.
- **Fosforilación en la cadena respiratoria.** Ocurre mediante reacciones redox donde se transfieren electrones hasta un aceptor final, generalmente oxígeno, por lo que se denomina **fosforilación oxidativa**. Paralelamente a ello se bombean protones, lo que genera una gradiente electroquímica que activa la ATP sintetasa presente. La fuente de protones y los electrones son las reacciones oxidativas de los nutrientes, las coenzimas, NAD^+ y FAD son aceptores temporales, que transfieren a las enzimas de la cadena respiratoria y al oxígeno u otro aceptor final.

HIDRÓLISIS Y SÍNTESIS DE ATP



5.3. LOCALIZACIÓN

En las células procarióticas, la respiración se realiza en el citosol y en la membrana citoplasmática, donde existen invaginaciones conocidas como mesosomas laterales o respiratorios.

En las células eucarióticas, la respiración se realiza en el citosol y en las mitocondrias, organelos bimembranosos antiguamente llamados condriomitos o condrioplastos.

5.4. TIPOS DE RESPIRACIÓN CELULAR

5.4.1. Respiración celular aerobica

Es la forma más frecuente, lo realizan los organismos eucariotas y muchos procariotas. Se caracteriza porque el oxígeno interviene como último aceptor de protones y electrones en la cadena respiratoria. Algunas de las etapas no ocurren en ausencia de oxígeno. Ocurren dos fases diferenciadas, la primera anaerobia que no requiere oxígeno y la fase aerobia que requiere oxígeno. Por el espacio célular donde se realizan citosol y mitocondrías y las fases señaladas son denominadas citosólica y mitocondrial.

Utilizando hexosas como sustrato se realizan la glucólisis, la acetilación, el ciclo de Krebs y la cadena respiratoria. Las grasas son utilizadas mediante beta - oxidación, ciclo de Krebs y cadena respiratoria. Con los aminoácidos se realiza desaminación oxidativa y las otras etapas comunes. Por ello se afirma que el ciclo de Krebs es la vía común del catabolismo, además que por su reversibilidad es importante para la síntesis de algunas biomoléculas.

5.4.2. Respiración anaeróbica

Es menos común, lo realizan los procariotas anaerobios estrictos o facultativos y algunos eucariotas como los hongos y células animales en hipoxia. Los casos particulares son las bacterias, los ácido lácticas y los eritrocitos, estos últimos por carecer de mitocondrias. La forma más común de respiración anaerobia son las fermentaciones de carbohidratos. En bacterias anaerobias ocurren las mismas etapas de la respiración aerobia, pero el último aceptor de protones y electrones es una sustancia distinta al oxígeno.

Desde el punto de vista evolutivo, la respiración anaerobia precedió a la aerobia. La respiración celular consta de dos fases: la anaerobia y la aerobia

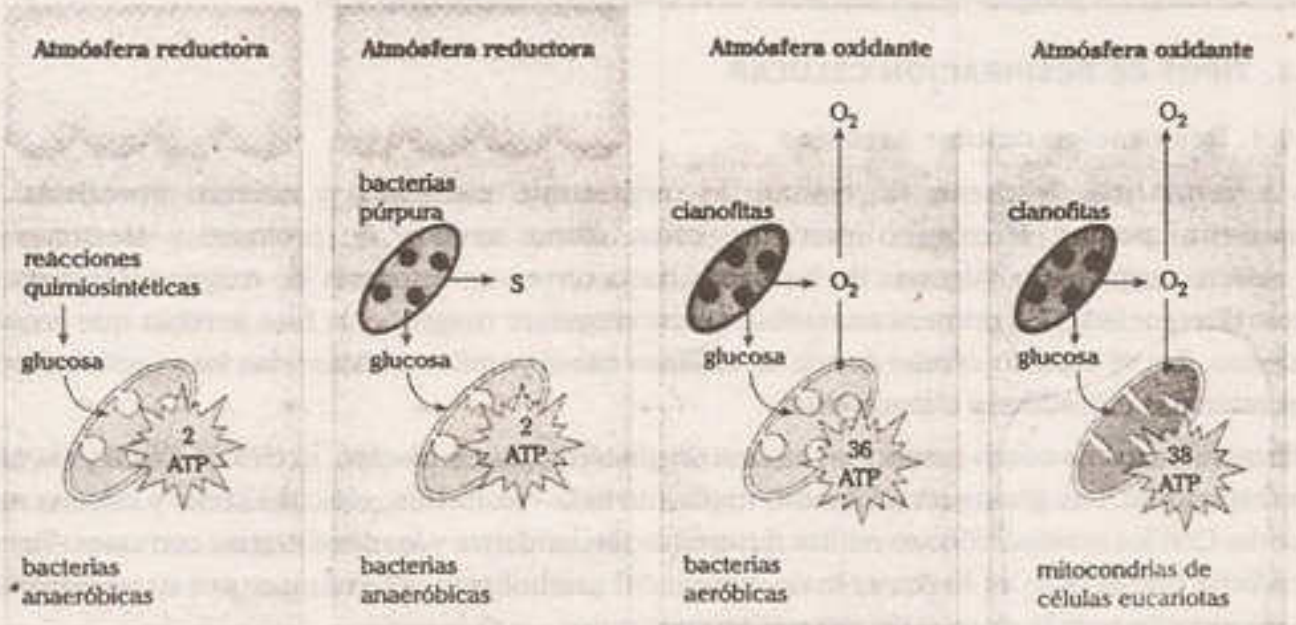
La respiración anaerobia surgió evolutivamente hace más de 3800 millones de años, como mecanismo inicial para la obtención de energía a partir de los nutrientes; cuando las primeras bacterias se encontraban en un medio anaerobio (carente de oxígeno molecular). La degradación de las moléculas orgánicas solo se llevó a cabo a nivel del citosol o matriz citoplasmática.

La forma aerobia se originó hace aproximadamente 3000 millones como una adaptación al ambiente oxidante generado por la liberación de oxígeno por parte de las cianobacterias, primeros organismos fotosintéticos oxigénicos. Las bacterias que permanecieron en ambientes reductores se mantuvieron como anaerobios estrictos.

Las bacterias, que además de las reacciones citosólicas llevaron a cabo procesos aeróbicos en los mesosomas, adquirieron la capacidad de sintetizar más ATP; aquellas que podían desarrollarse en medios anaerobios y aerobios son las actuales anaerobias facultativas y las que solo viven en presencia de oxígeno son las aerobias estrictas.

Las células eucarióticas surgieron en un ambiente aerobio, conservaron la etapa anaerobia y desarrollaron la etapa aerobia en un organelo especializado conocido como mitocondria. Esta es la razón por la que los seres vivos eucariotas actuales, quienes poseen mitocondrias, son seres aerobios.

EVOLUCION DEL PROCESO DE OBTENCION DE ENERGIA



5.5. FASES DE LA RESPIRACIÓN CELULAR AEROBIA

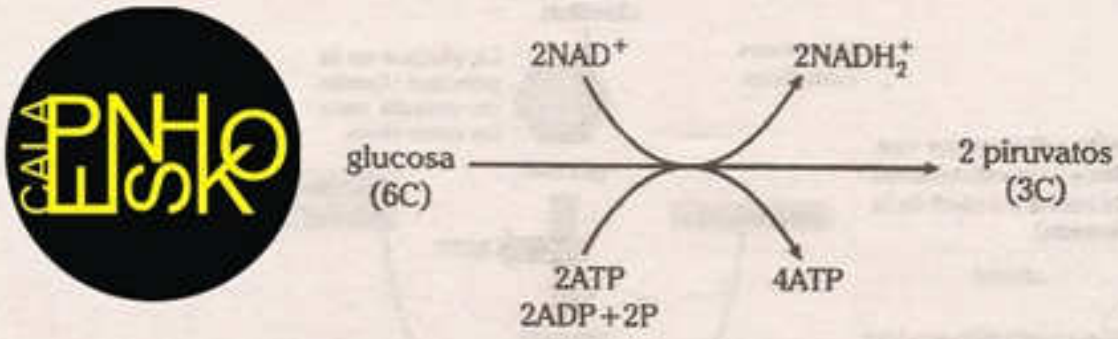
5.5.1. Fase anaerobia

Glucólisis

La glucólisis de *glyco* ('azúcar') y *lysis* ('desintegración') es la ruptura oxidativa de la glucosa sin intervención del oxígeno, se lleva a cabo en la matriz citoplasmática de todas las células.

En el proceso, se forman dos moléculas de ácido pirúvico (piruvato), dos $NADH^+$ (nicotinamida adenin dinucleótido reducidos) y la célula obtiene dos ATP de ganancia neta. La característica de la glucólisis de proporcionar ATP en ausencia de oxígeno es de significado biomédico porque permite que nuestros músculos esqueléticos puedan hacer un trabajo eficiente aun en ausencia de este gas.

GLUCÓLISIS VIA EMBDEN - MEYERHOF



Reacciones de la glucólisis

- **Primera fase.** La glucosa ingresa al citosol donde es fosforilada, es decir, se une a un grupo fosfato cedido por un ATP. En el proceso, interviene una enzima hexocinasa. La glucosa fosforilada se denomina glucosa 6 - fosfato.
- **Segunda fase.** La glucosa 6 - fosfato es transformada en fructosa 6 - fosfato, por un proceso de isomerización.

  La fructosa 6 - fosfato es nuevamente fosforilada y se transforma en fructosa 1,6 difosfato, la fosforilación de la fructosa 6 - fosfato se realiza con consumo de ATP. En el proceso interviene la enzima fosfofructocinasa.

  La fructosa 1,6 difosfato por acción de la enzima aldolasa se degrada en dos moléculas de tres carbonos; dos triosas fosfato: dihidroxiacetona 3 - fosfato y gliceraldehído 3 - fosfato.

  La enzima aldolasa que rompe a la fructosa 1,6 difosfato es muy abundante en células musculares.

  La dihidroxiacetona por acción de una enzima isomerasa es transformada en gliceraldehído 3 - fosfato.
- **Tercera fase.** Las triosas fosfato y los dos gliceraldehído 3 - fosfato se oxidan. El NAD^+ (nicotinamida adenin dinucleótido) activa a una enzima deshidrogenasa que actúa sobre los gliceraldehído 3 - fosfato ocasionando que estos pierdan 2 hidrógenos cada uno. En simultáneo, se incorpora un fosfato inorgánico del citosol a cada triosa fosfato transformándolas en glicerato 1,3 - difosfato.

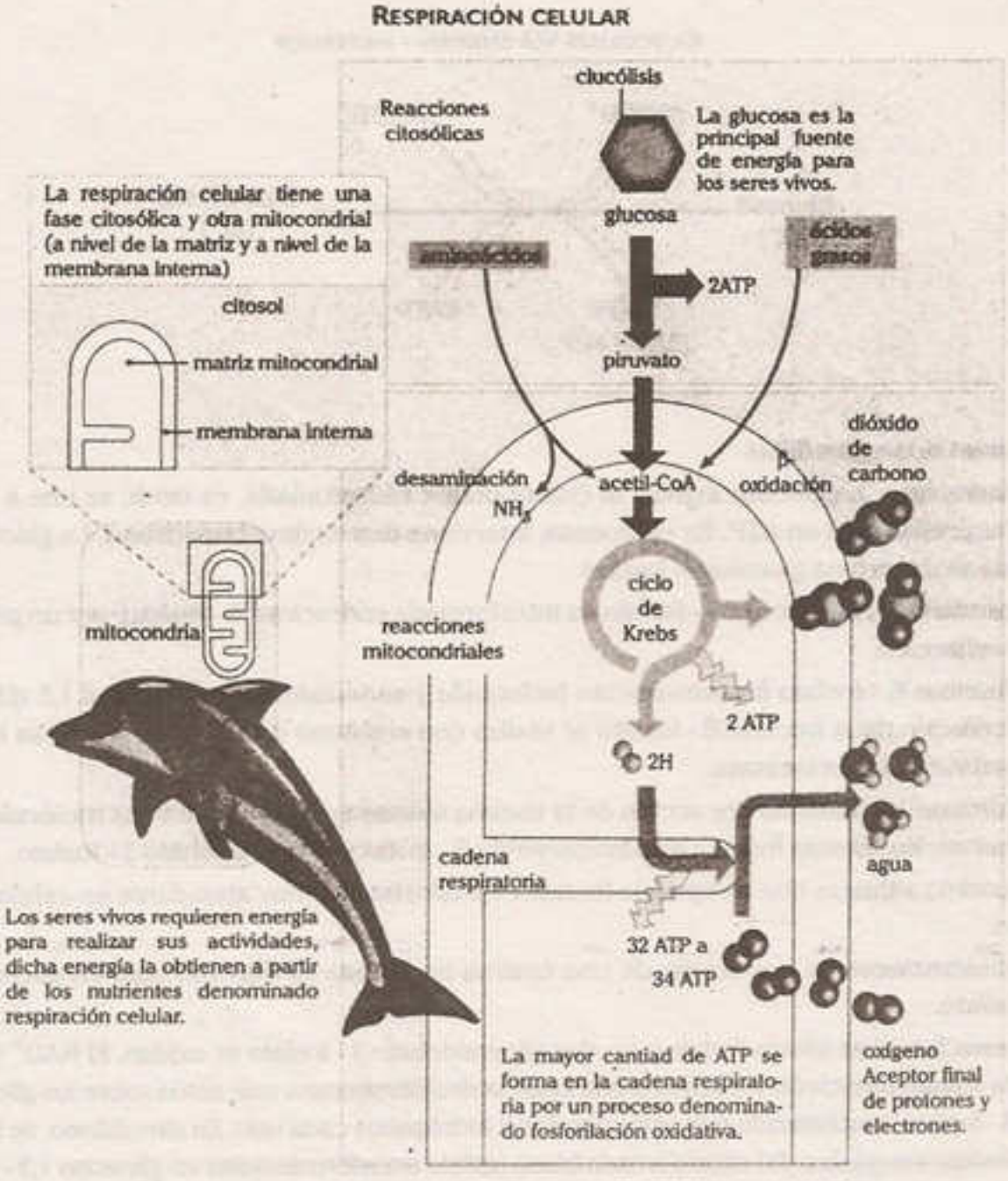
Por acción de una enzima cinasa el glicerato 1,3 - difosfato se convierten en glicerato 3 - fosfato. En este proceso, dos moléculas de ADP (Adenosín difosfato) se unen a dos fosfatos para formar 2 ATP (adenosín trifosfato).

El mecanismo por el cual se sintetiza ATP en ausencia de oxígeno se denomina fosforilación a nivel de sustrato.

- **Cuarta fase.** Los gliceratos 3 - fosfato por acción de una enzima Mutasa son transformados en glicerato 2 - fosfato.

Los 2 fosfogliceratos son convertidos en fosfo - 2 enolpiruvatos por acción de la piruvato cinasa, mientras que se sintetizan 2 moléculas de ATP. El mecanismo es también una fosforilación a nivel de sustrato.

Finalmente, los enolpiruvatos son transformados en piruvatos.



A todo el público en general:

El Proyecto Modo Scan+100, nace de una idea del **Team Calapenshko**, el cual es difundir todo aquel texto inédito que no esté circulando en la red.

Nuestro Grupo Calapenshko hace el mejor esfuerzo para digitalizar este libro, y así usted estimado lector pueda obtener la mejor experiencia que toda persona desea al abrir un libro.

Este proyecto llega gracias a las **donaciones que se pudo obtener de 100 personas** comprometidas con el proyecto **MODO SCAN+100**.

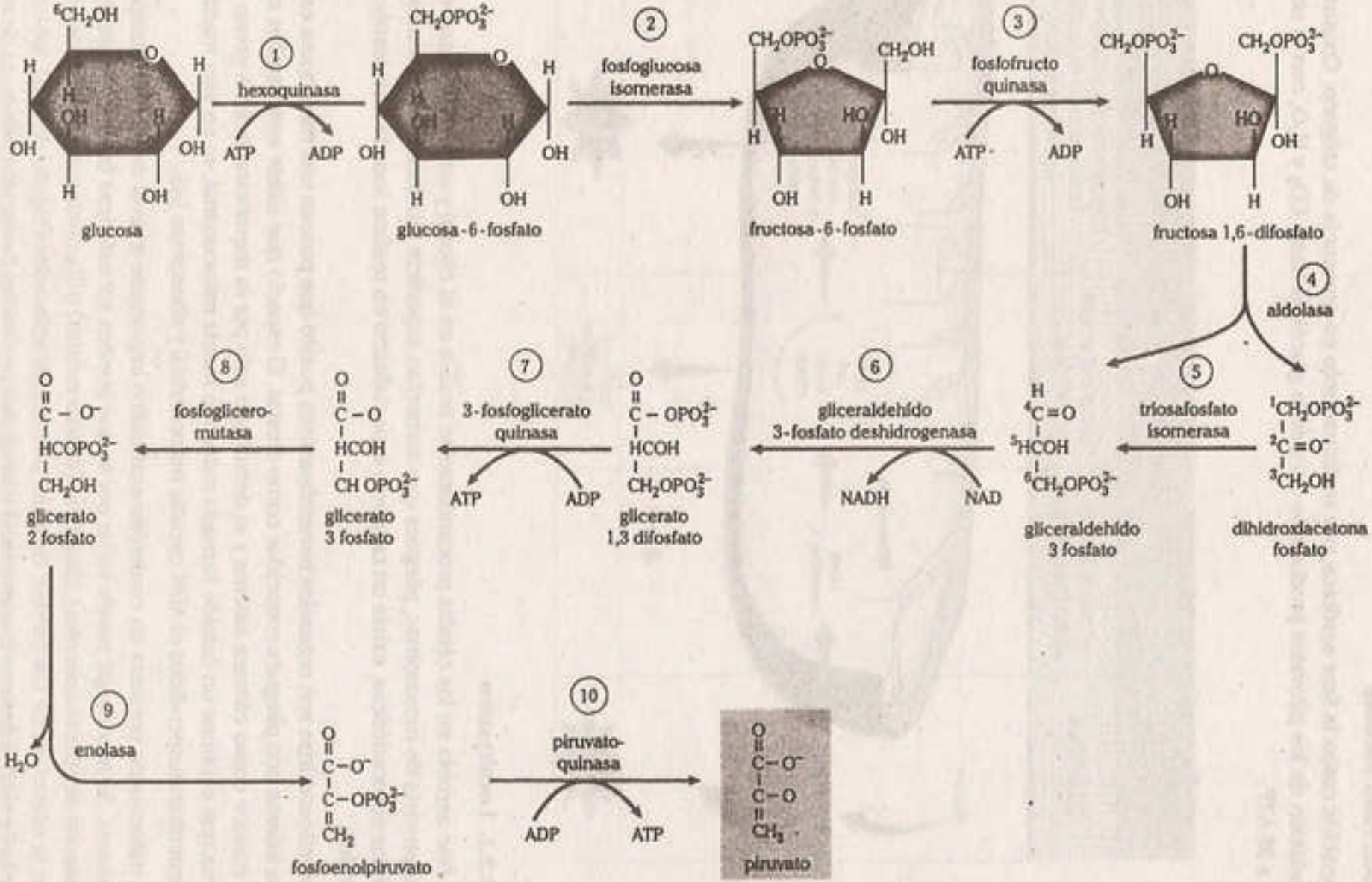
Este libro no debe ser prostituito monetariamente, este libro no debe ser coleccionado, este libro debe ser destruido analíticamente, así que te invito a leerlo.

No pagues por este libro de **circulación gratuita**, búscalo en la red.

Atentamente, el **GRUPO CALAPENSHKO**

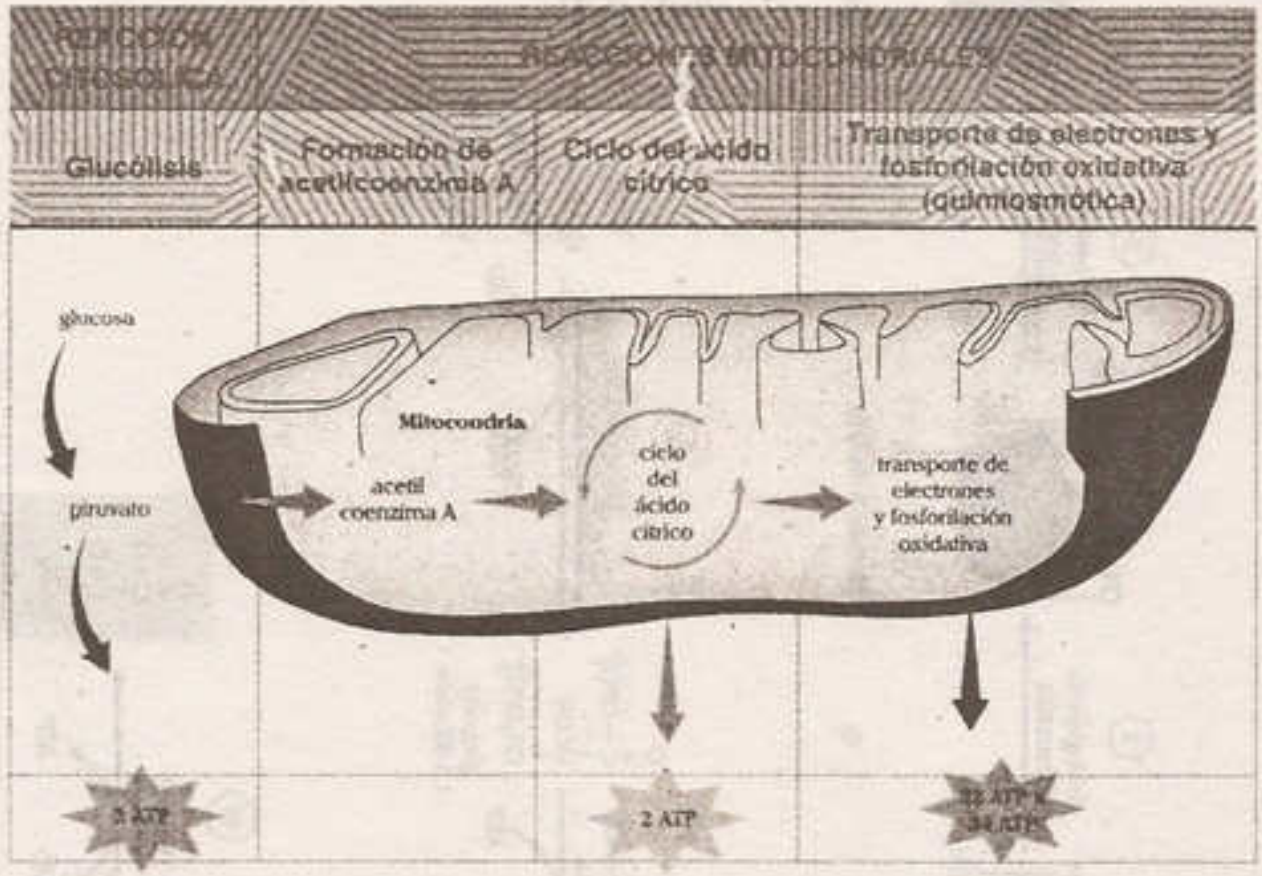
18 de agosto del 2020

Etapas de glucólisis y enzimas que intervienen



5.5.2. Fase aerobia

Conocida como la fase aeróbica, por realizarse solo en presencia de oxígeno. Consiste en la degradación de los piruvatos producidos durante la glucólisis hasta CO_2 y H_2O, con la obtención de 34 a 36 ATP.

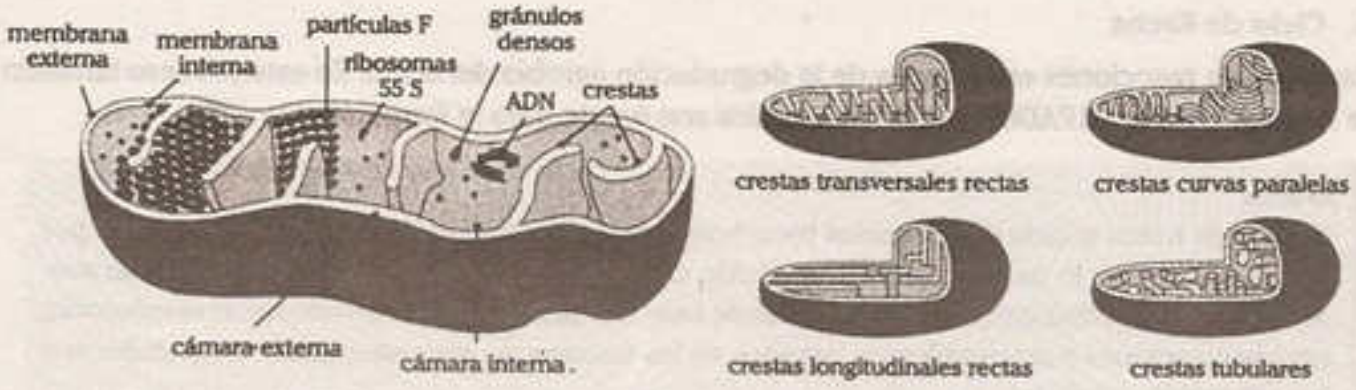


5.5.2.1. Localización

La fase aerobia en las células procarióticas se realiza en el citosol y en la membrana citoplasmática provista de mesosomas, pliegues que aumentan superficie funcional de la membrana. En las células eurocarióticas, existe un organelo especializado en realizar toda la fase aeróbica, la mitocondria.

Las mitocondrias son organelos bimembranosos puesto que poseen una membrana externa lisa y una interna con pliegues conocidos como crestas. El espacio que existe entre ambas membranas se conoce como cámara externa y el delimitado solo por la membrana interna como cámara interna que contiene un coloide llamado mitosol o matriz mitocondrial, es en esta matriz donde se encuentran suspendidos el ADN circular mitocondrial y ribosomas 55S.

La mitocondria presenta un contenido enzimático importante a nivel de sus membranas y de sus cámaras. Su morfología puede variar por lo que pueden ser esféricas (células vegetales), ovoides (mayoría de células animales), cilíndricas (células renales) o filamentosas (fibroblastos). De acuerdo con la estructura de sus crestas, también pueden ser aplacadas (hígado de rata), tabicadas (grasa parda de rata), tubulares (paramecios) o laminillas perforadas (músculos voladores de moscardas).



El significado de un mayor desarrollo de las crestas se relaciona con una mayor superficie de reacción, una mayor capacidad de síntesis de ATP.

En los protozoos flagelados mastigóforos existe una mitocondria gigante llamada cinetoplasto.

5.5.2.2. Reacciones aeróbicas

a. Formación de acetil S-CoA

Las reacciones que suceden dentro de la mitocondria secuencialmente son las siguientes:

- **Descarboxilación oxidativa del ácido pirúvico .**

  Se realiza la oxidación de piruvato que origina acetil, molécula de 2C, que se une a la coenzima A. En la transformación ocurre descarboxilación (pérdida de CO_2). Los protones y electrones de la oxidación son transferidos al NAD^+.

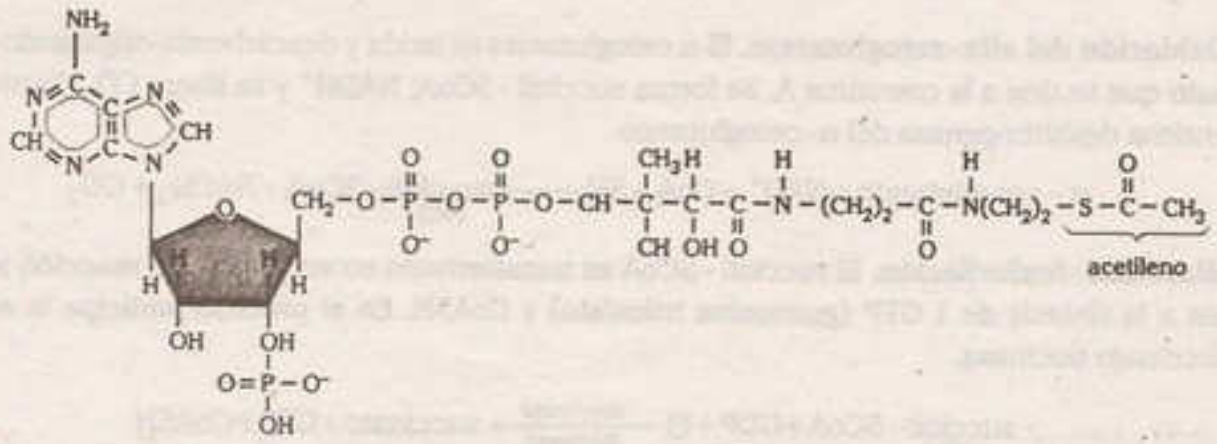
$$\text{Piruvato(3C)} + NAD^+ \xrightarrow[\text{descarboxilación}]{\text{deshidrogenación}} \text{Acetil(2C)} + CO_2 + NADH_2^+$$

- **Transferencia de acetil**

  El acetil (2C) producido se une a una molécula llamada CoA (formando acetil CoA). La CoA es un derivado de la vitamina B5 (ácido pantoténico), su función es transferir al acetil hacia el ciclo de Krebs. Se le llama Coenzima A porque transfiere radical Acetil.

  La función de la CoA fue establecida en 1951 por F. Lynen, bioquímico alemán, mediante trabajos con levaduras (hongos unicelulares ascomicetos).

ESTRUCTURA QUÍMICA DE LA ACETIL COENZIMA A (ACETIL CoA)



b. Ciclo de Krebs

Conjunto de reacciones encargadas de la degradación aerobia del acetil. En este proceso también se forman $3NADH^+$, $1FADH^+$ y 1GTP, los cuales son fuente para la formación de ATP.

Nota

El ciclo de Krebs o ciclo de los ácidos tricarboxílicos fue postulado por primera vez en 1937, por H.A. Krebs, quien lo denominó ciclo del ácido cítrico. Krebs descubrió el ciclo al estudiar suspensiones de papilas del músculo pectoral de paloma, que tienen un elevado ritmo respiratorio; sus observaciones y razonamientos basados en los trabajos de sus antecesores lo condujeron a la postulación del ciclo.

En 1930, varios investigadores descubrieron que los ácidos tricarboxílicos como el succinato, fumarato, malato y el citrato se degradaban velozmente hasta CO_2 y H_2O. En 1935, el bioquímico húngaro Szent - Gyorgyi descubrió la secuencia succinato - fumarato - malato - oxalacetato. Además, que ante el aumento del malato y del oxalacetato se requería de más oxígeno. Los alemanes C. Martius y F. Knoop descubrieron la secuencia citrato - cetoglutarato succinato.

Las reacciones del ciclo de Krebs se realizan en la matriz mitocondrial o mitosol; empieza con la formación de citrato a partir del oxalacetato y acetil, para terminar en la regeneración del oxalacetato.

- **Condensación.** La acetil CoA se une al oxalacetato con ingreso de 1 molécula de agua, para formar citrato. En el proceso participa la enzima citrato sintasa y se libera la CoA.

$$\underset{(2C)}{\text{acetil CoA}} + \underset{(4C)}{\text{oxalacetato}} + H_2O \xrightarrow[\text{sintasa}]{\text{citrato}} \underset{(6C)}{\text{citrato}} + \text{CoA}$$

- **Isomerización.** El citrato es transformado a isocitrato. En el proceso participa la enzima Aconitasa, en dos reacciones continuas.

$$\underset{(6C)}{\text{citrato}} \xrightarrow[\text{aconinasa}]{} \underset{(6C)}{\text{isocitrato}}$$

- **Descarboxilación oxidativa.** El isocitrato se oxida y descarboxila originando alfa - cetoglutarato, $NADH^+$. Se libera CO_2. En el proceso participa la enzima isocitrato deshidrogenasa

$$\text{isocitrato} + NAD^+ \xrightarrow[\text{deshidrogenosa}]{\text{isocitrato}} \alpha \text{ cetoglurato} + NADH_2 + CO_2$$

- **Oxidación del alfa - cetoglutarato.** El α cetoglutarato se oxida y descarboxila originando succinato que se une a la coenzima A. Se forma succinil - SCoA; $NADH^+$ y se libera CO_2. Participa la enzima deshidrogenasa del α - cetoglutarato

$$\alpha - \text{cetoglutarato} + NAD^+ + \text{CoA} - SH \longrightarrow \underset{(4C)}{\text{succinil} - \text{SCoA}} + NADH_2 + CO_2$$

- **Hidrólisis - fosforilación.** El succinil - SCoA es transformado en succinato. La reacción se acopla a la síntesis de 1 GTP (guanosina trifosfato) y CoASH. En el proceso participa la enzima succinato tiocinasa.

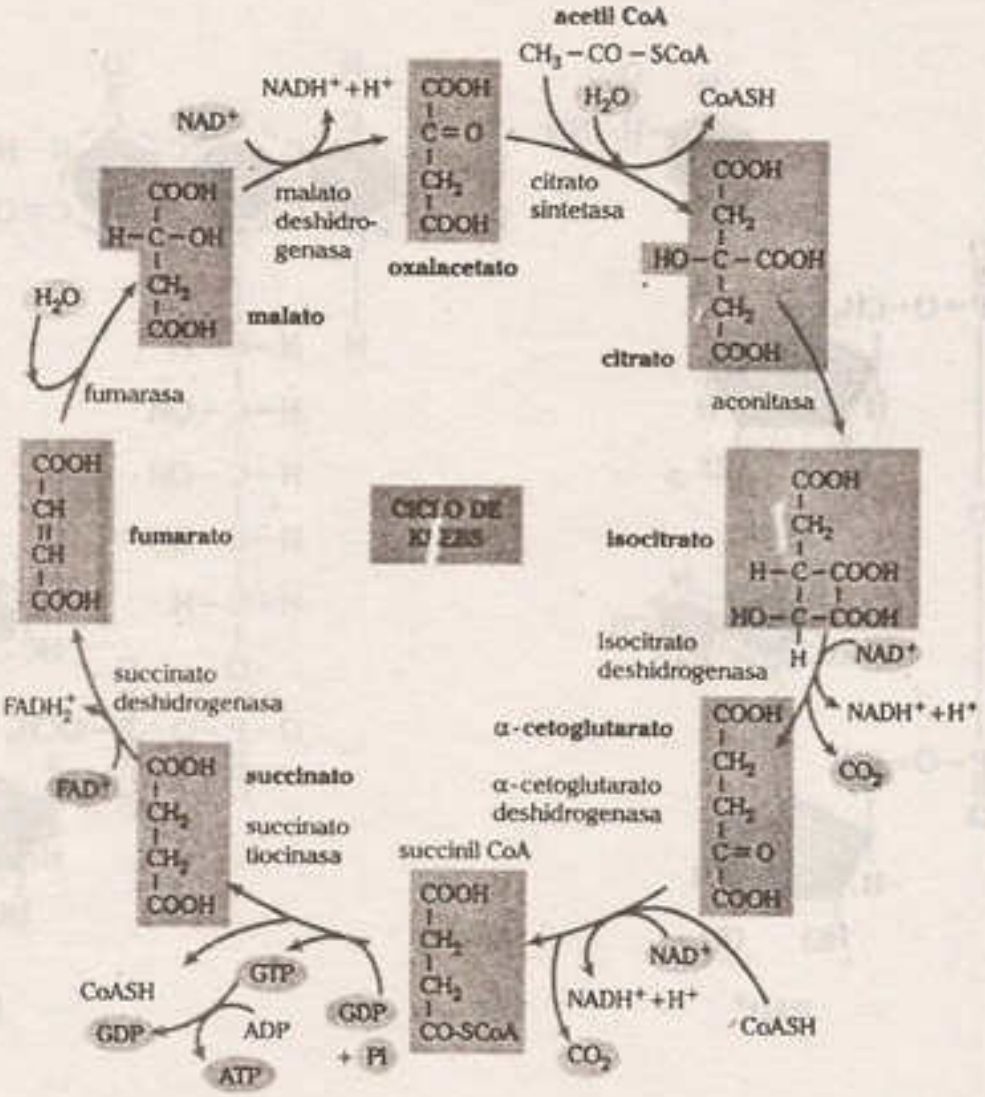
$$\underset{(4C)}{\text{succinil} - \text{SCoA}} + GDP + Pi \xrightarrow[\text{tiocinasa}]{\text{succinato}} \text{succinato} + GTP + \text{CoASH}$$

- **Deshidrogenación (oxidación).** El succinato es oxidado hasta fumarato. El FADH+ interviene como aceptor de protones y electrones. Participa la enzima fumarasa.

$$\text{succinato} + FAD^+ \xrightarrow[\text{fumarasa}]{} \underset{(4C)}{\text{fumarato}} + FADH_2$$

- **Formación de malato.** Por reacción no hidrolítica con el agua, el fumarato es transformado en malato. Interviene la enzima fumarasa.
- **Regeneración por deshidrogenación.** El malato se oxida hasta oxalacetato. El $NADH^+$ es el aceptor de protones y electrones. Participa la enzima malato deshidrogenasa.

$$\underset{(4C)}{\text{malato}} + NAD^+ \xrightarrow[\text{deshidrogenosa}]{\text{malato}} \underset{4C}{\text{oxalacetato}} + NADH_2$$



- **Efecto global del ciclo de Krebs.** En cada vuelta del ciclo de Krebs, se obtienen los siguientes resultados:
  - La oxidación completa del acetil hasta dos moléculas de CO_2.
  - La producción de tres moléculas de $NADH^+$ y una molécula $FADH^+$ reducidos.
  - La producción de una molécula de GTP.

c. Cadena respiratoria o transporte de electrones

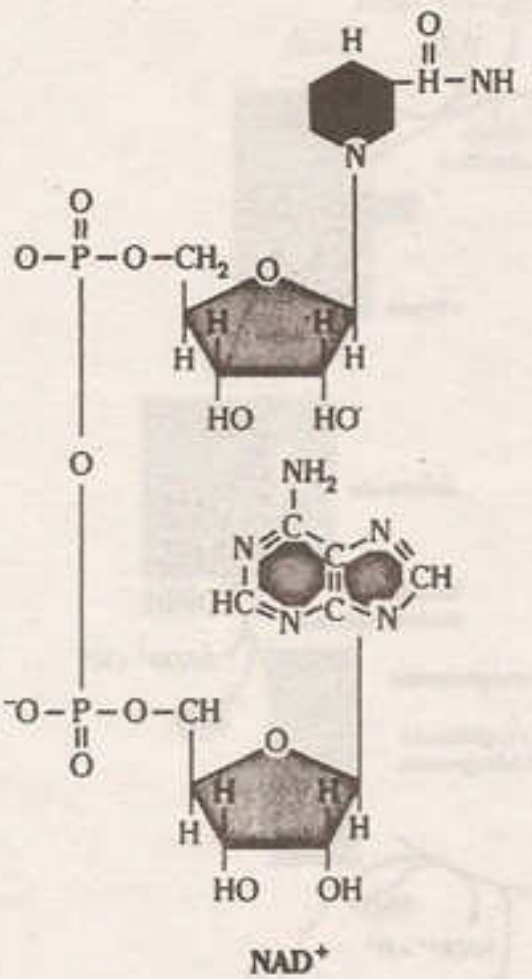
Es el proceso mediante el cual los electrones provenientes del ciclo de Krebs y otras oxidaciones son movilizados a través de un conjunto de enzimas hasta unirse con el oxígeno, que actúa como aceptor final. Paralelamente se movilizan protones hacia el otro espacio. Ocurre en membrana interna mitocondrial de las células eucarióticas, y en la membrana celular procariótica.

Las moléculas que incorporan electrones en la membrana interna mitocondrial son el

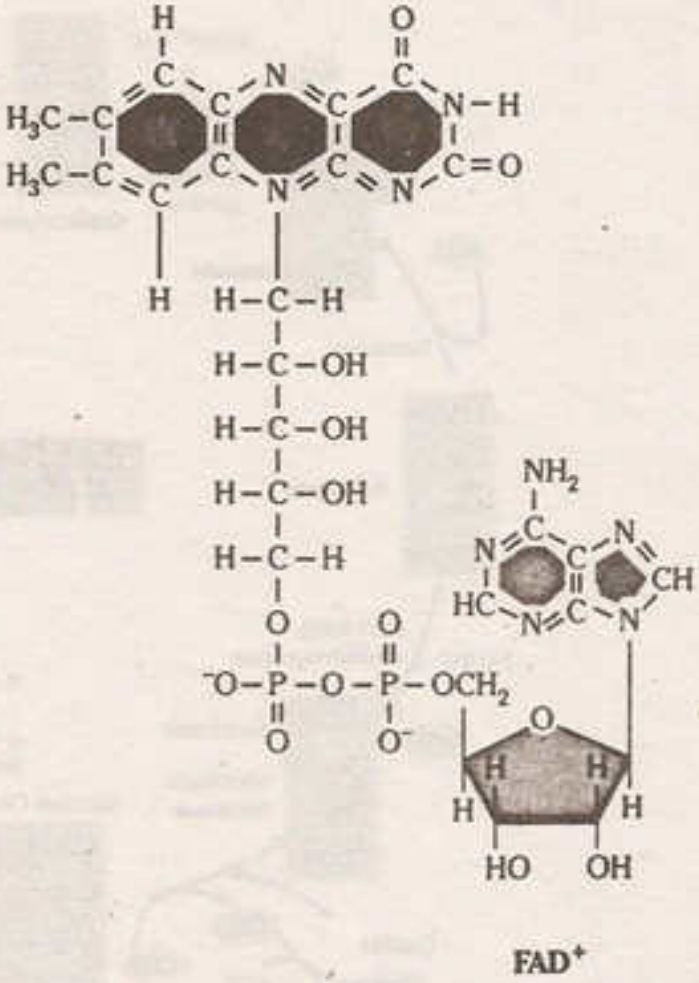
$NADH_2$ y el $FADH_2$.

$NADH_2 \rightarrow NAD^+ + 2H^+ + 2e^-$

$FADH_2 \rightarrow FAD^+ + 2H^+ + 2e^-$



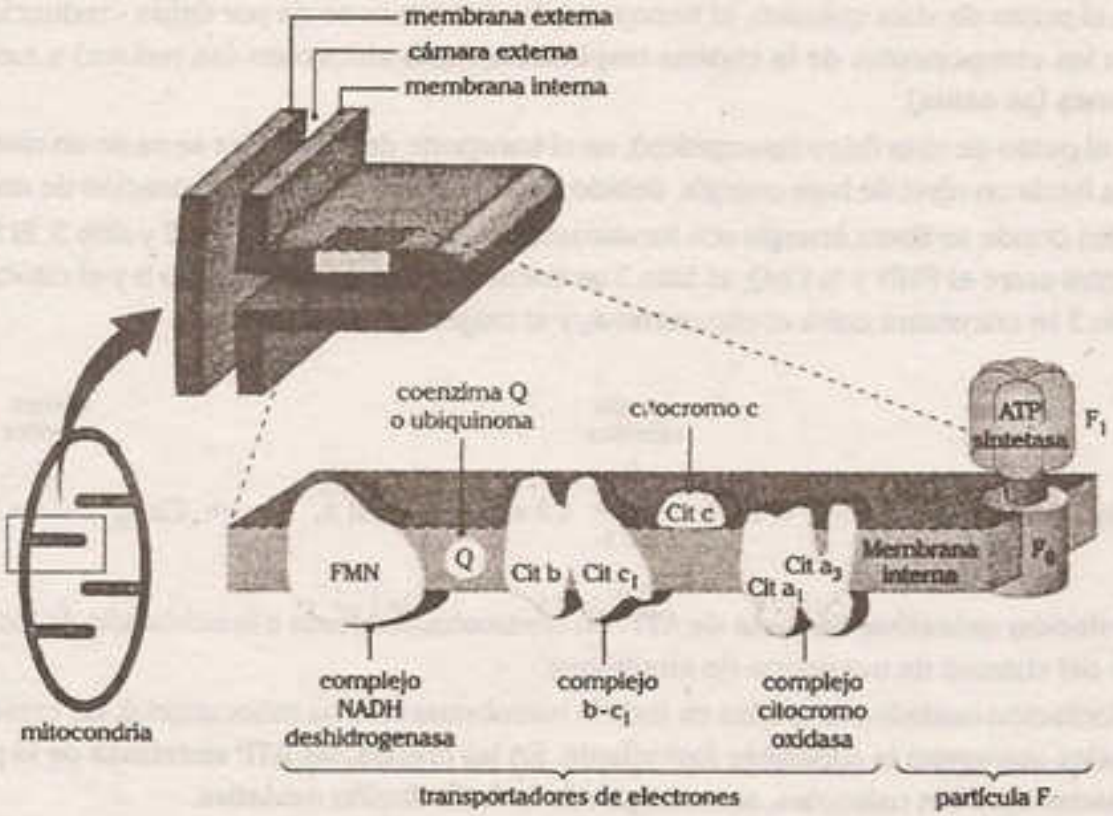
NAD^+



FAD^+

Los electrones son transferidos de un componente a otro en la membrana interna de la mitocondria, por un proceso de óxido-reducción. Los componentes de la membrana interna mitocondrial que transportan electrones son denominados cadena transportadora de electrones.

La cadena está constituida por las siguientes moléculas: FMN (flavin mononucleótido) cofactor de la NAD reductasa; CoQ (coenzima Q); citocromos (enzimas con núcleo hemico de hierro), como las citocromo oxidasas B, A, A_1 y A_3, y, finalmente, el oxígeno.



Los eventos en la membrana interna mitocondrial se llevan a cabo con la participación de transportadores de electrones formando los complejos enzimáticos respiratorios, además participa la partícula F, que contiene la ATP sintetasa para la formación de ATP.

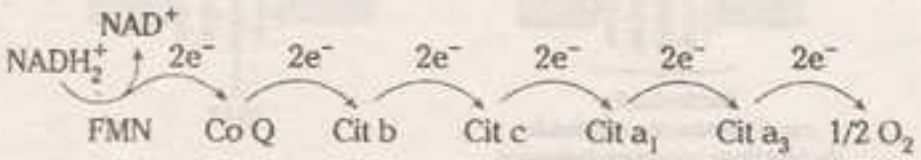
- **Descripción del proceso de transporte de electrones.** Los electrones llegan a la cadena respiratoria mediante el $NADH_2^+$ y el $FADH_2^+$.

$$NADH_2^+ \rightarrow NAD^+ + 2e^- + 2H^+$$

$$FADH_2^+ \rightarrow FAD^+ + 2e^- + 2H^+$$

Los electrones liberados por el $NADH_2$ son tomados por el FMN, que es el cofactor de la enzima NAD reductasa, del FMN pasan a la coenzima Q, de la coenzima Q al citocromo b, del citocromo b al citocromo c, del citocromo c al citocromo a_1, del citocromo a1 al citocromo a_3, del citocromo a_3 finalmente al oxígeno. El oxígeno que respiramos cumple la función de aceptor final de los electrones.

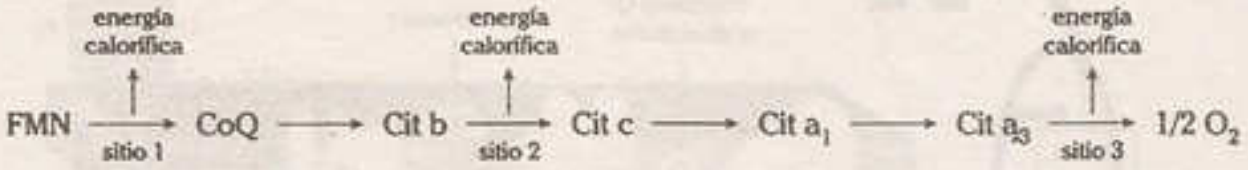
La razón de ese flujo electrónico es porque la electropositividad del sistema de transporte de electrones va aumentando desde el FMN hasta el oxígeno.



Desde el punto de vista químico, el transporte de electrones se da por óxido - reducción, cada uno de los componentes de la cadena respiratoria capta electrones (se reduce) y luego cede electrones (se oxida).

Desde el punto de vista físico (energético), en el transporte de electrones se va de un nivel de alta energía hacia un nivel de baja energía, debido a que hay una constante liberación de energía.

Los sitios donde se libera energía son fundamentalmente tres: sitio 1, sitio 2 y sitio 3. El Sitio 1 se encuentra entre el FMN y la CoQ; el Sitio 2 se encuentra entre el citocromo b y el citocromo a_1; y el sitio 3 se encuentra entre el citocromo a_3 y el oxígeno.



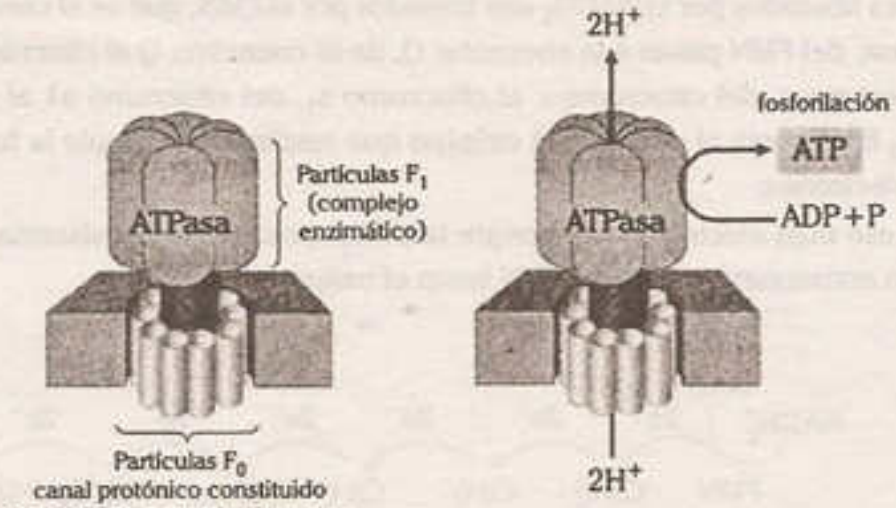
- **Fosforilación oxidativa. Síntesis de ATP.** Se encuentra acoplada a la oxidación de los componentes del sistema de transporte de electrones.

  La fosforilación oxidativa se realiza en toda la membrana interna mitocondrial, las crestas mitocondriales aumentan la superficie fosforilante. En las crestas, las ATP sintetasas de la partícula F, llamadas también oxisomas, se encargan de la fosforilación oxidativa.

  Organización de la partícula F. Las partículas F fueron descubiertas por Fernández y Morán. Estos investigadores fotografiaron la membrana interna mitocondrial y descubrieron unas partículas globulares que los llevó a plantear el modelo globular de membrana. Las partículas globulares eran las partículas F, los sitios donde se sintetiza el ATP. La partícula F consta de dos partes: F_1 y F_0.

  - ***Partícula F_1.*** También llamada CF_1, es la región vesicular. Está constituida por la agrupación de enzimas ATPasa, y es la zona donde se forma el ATP.
  - ***Partícula F_0.*** También llamada CF_0, es la región cilíndrica que actúa como canal protónico. En esta zona no se sintetiza ATP.

ESTRUCTURA DE LA PARTÍCULA F Y LA FOSFORILACIÓN



Descripción del proceso de fosforilación oxidativa. De acuerdo con el modelo quimiosmótico de Mitchell, los protones ($2H^+$) llegan a la cámara externa mitocondrial provenientes del $NADH_2^+$ y del $FADH_2^+$.

$$NADH_2^+ \rightarrow NAD^+ + 2e^- + 2H^+$$

$$FADH_2^+ \rightarrow FAD^+ + 2e^- + 2H^+$$

Los protones ($2H^+$) liberados por el $NADH_2^+$ y del $FADH_2^+$ pasan a la cámara externa generando un potencial químico. La repulsión entre protones ($2H^+$) permite que fluyan hacia la matriz mitocondrial; este proceso de retorno se hace a través del canal protónico (F_0) de la partícula F, desprendiendo energía que se utiliza en la región vesicular (F_1) de la partícula F para promover la unión del ADP (adenosín difosfato) al Pi (fosfato inorgánico) para formar ATP (adenosín trifosfato).

$$ADP + Pi \rightarrow ATP$$

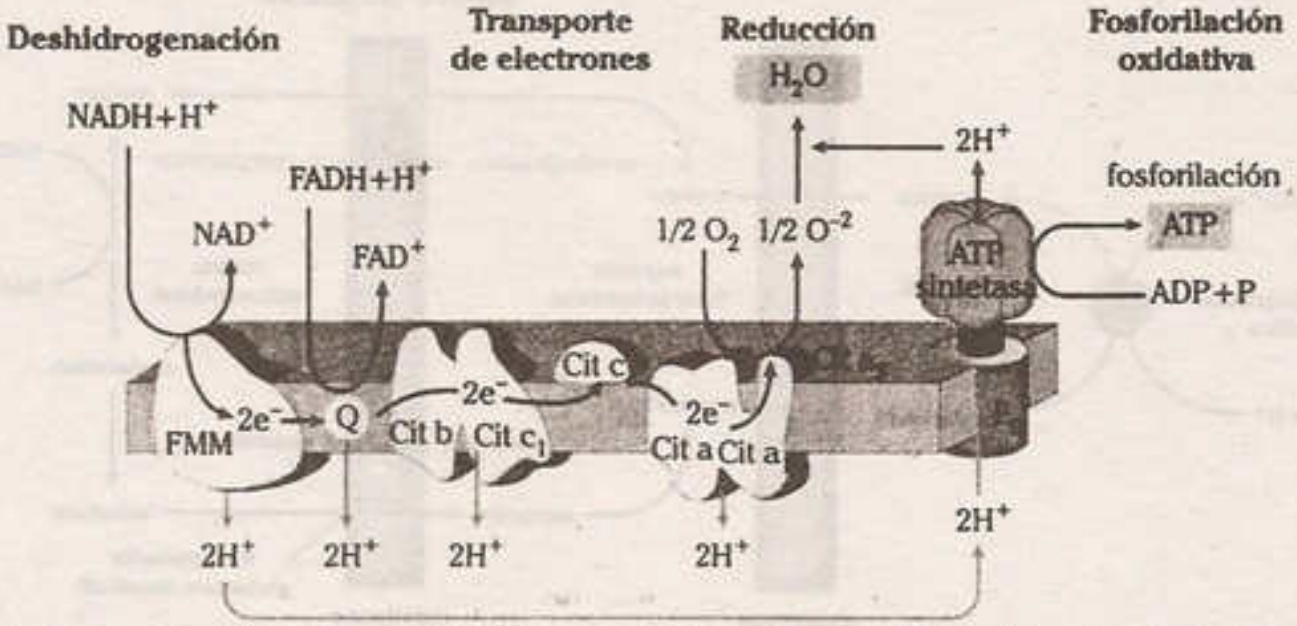
Los protones liberados por el $NADH_2^+$ permiten sintetizar 3ATP debido a que utilizan los tres sitios de liberación de energía del transporte electrónico.

$$1NADH_2^+ \xrightarrow{\text{equivale a}} 3ATP$$

Los protones liberados por $FADH_2^+$ permiten sintetizar 2ATP puesto que utilizan solo dos sitios de liberación de energía de transporte electrónico: el sitio 2 y el sitio 3.

$$1FADH_2^+ \xrightarrow{\text{equivale a}} 2ATP$$

Flujo de electrones y bombeo de protones en la cadena respiratoria. El oxígeno actúa como último receptor. Se generan 3 ATP por cada par de electrones y protones donados por $NADH_2$, cuando provienen del $FADH_2$ se generan 2 ATP.



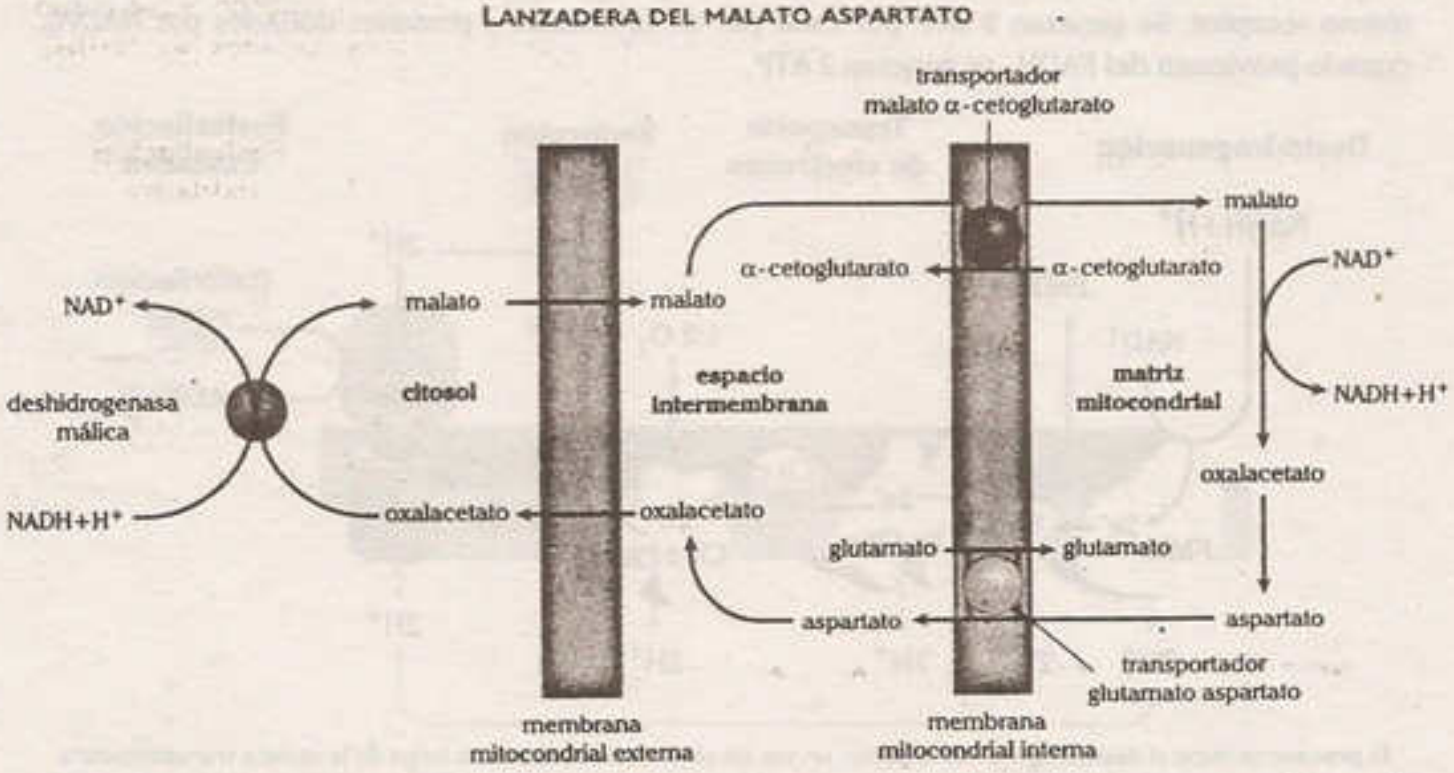
El proceso se inicia al deshidrogenar al NADH+, un par de electrones recorre a lo largo de la cadena transportadora de electrones que son donados al oxígeno formando una molécula de agua; dicho flujo de electrones permite la salida de 3 pares de protones (H+) desde la cámara externa hacia la matriz a través de la partícula F, aquella que permite la formación de 3 ATP. Cuando el transportador de hidrógeno es el FADH+, solo fluyen 2 pares de protones, permitiendo la formación de solo 2 ATP.

5.5.3. Sistema de lanzaderas

En las membranas de las mitocondrias, se encuentran unos complejos enzimáticos que participan en el transporte de los hidrógenos citosólicos liberados de la glucólisis; estos complejos son llamados sistemas de lanzaderas.

Existen dos tipos de lanzaderas: la lanzadera glicerol-fosfato y la lanzadera aspartato-malato.

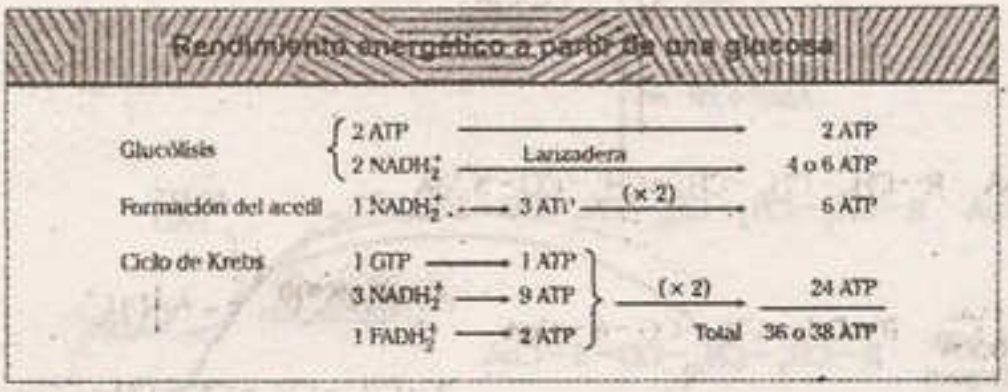
En la lanzadera glicerol-fosfato, los hidrógenos que transporta el NAD^+ citosólico ($2NADH_2^+$) pasan al FAD^+ mitocondrial ($2FADH_2^+$).



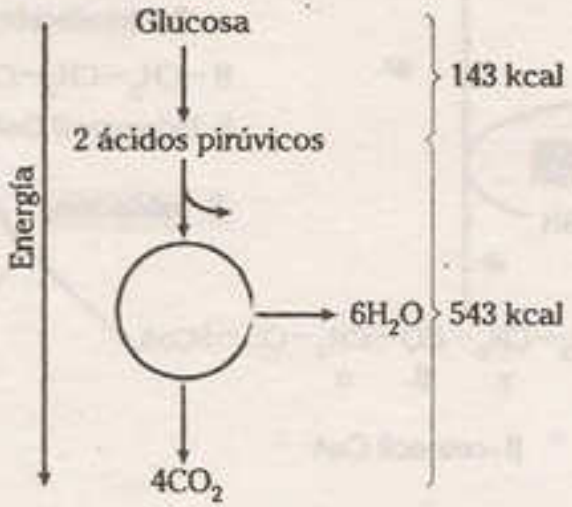
En la lanzadera aspartato-malato, los hidrógenos que transporta el NAD^+ citosólico ($2NADH_2^+$) pasan al NAD^+ mitocondrial ($2NADH_2^+$).

5.5.4. Cambios energéticos en la oxidación de la glucosa

La secuencia respiratoria completa (glucosa+$6O_2 \rightarrow 6CO_2+6H_2O$) procede con una caída de energía de 686 kcal/mol. De estas, casi el 40% (266 kilocalorías) se conserva en 38 moléculas de ATP.



GANANCIA ENERGÉTICA EN CALORÍAS



Los lípidos como fuentes de energía

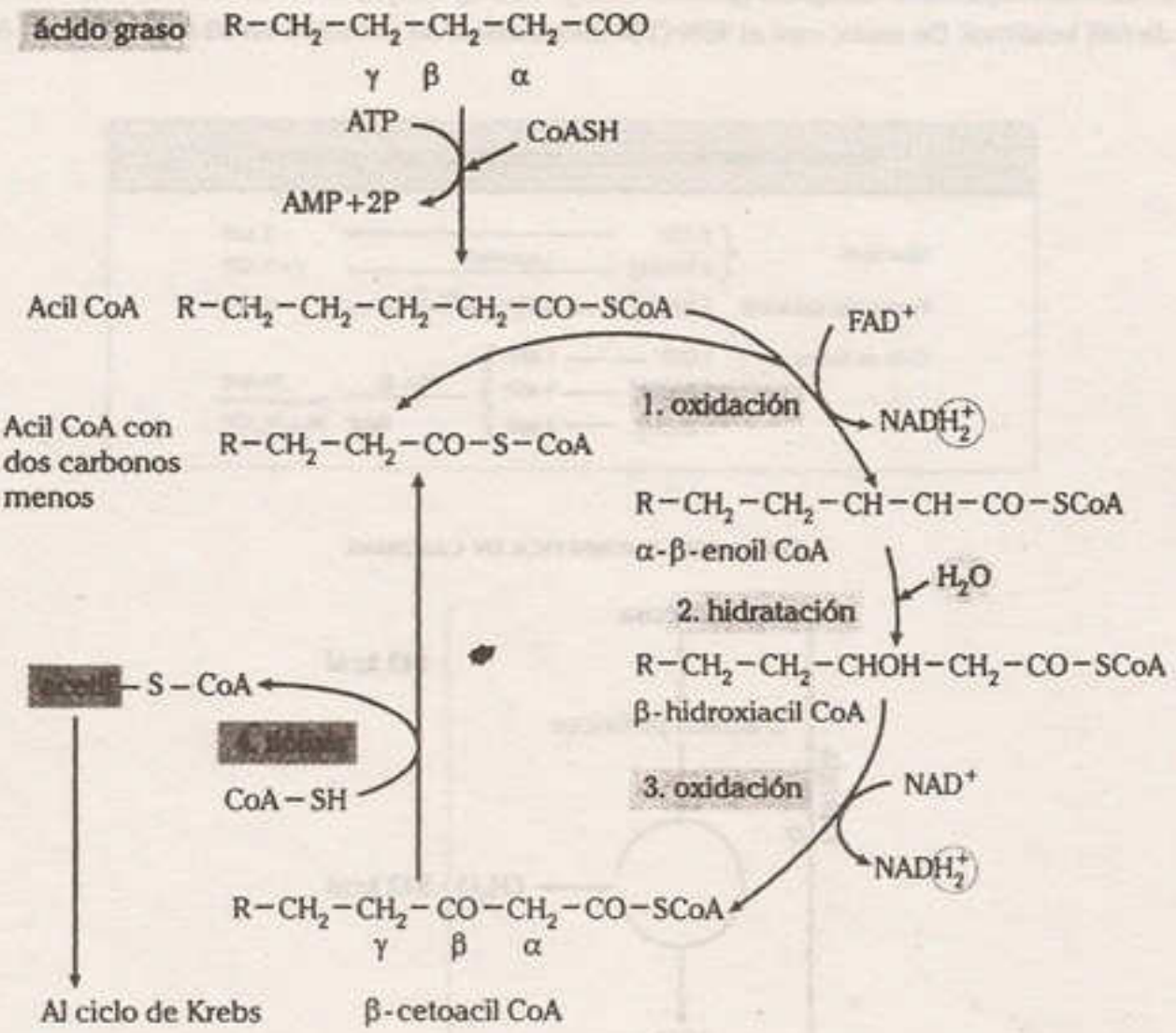
La primera etapa es la beta-oxidación que genera acetil-S-CoA. A partir de allí el camino es común. La beta oxidación de los ácidos grasos de cadena larga se realiza en los peroxisomas y de cadena corta en el mitosol.

Ejemplo

$$\underset{\text{ácido graso esteárico}}{CH_3(CH_2)_{16}COO^-} \xrightarrow[\text{CoASH}]{\beta\text{ oxidación}} 9\underset{\text{ácetil-SCoA}}{CH_3\overset{O}{\overset{\|}{C}}-SCoA}$$

La β-oxidación es un proceso cíclico de reacciones bioquímicas redox donde en cada ciclo se origina 1 acetil-S-CoA, $NADH_2$ y $FADH_2$.

β - OXIDACIÓN DE ÁCIDOS GRASOS



Los aminoácidos como fuente de energía

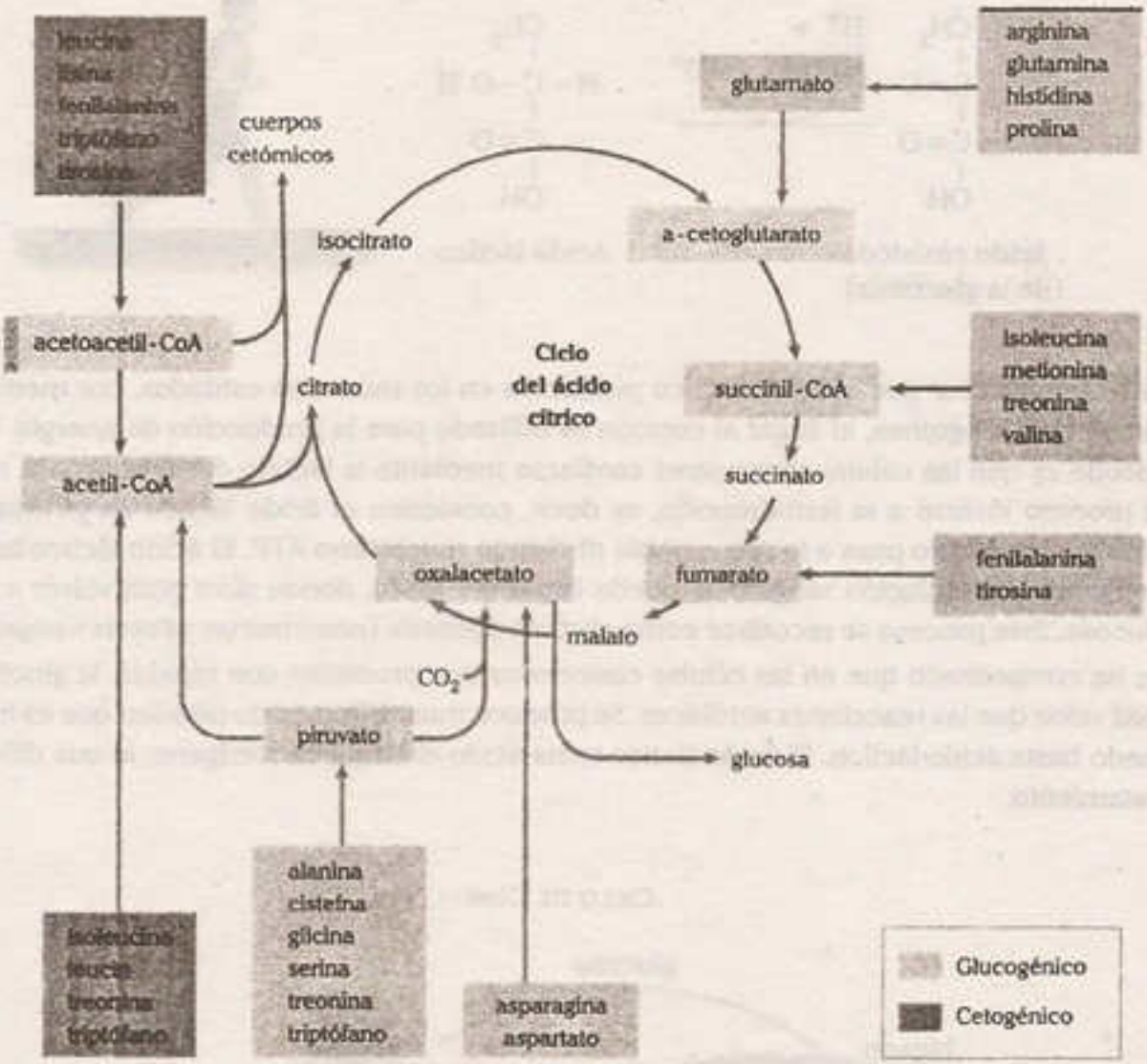
Los aminoácidos que sirven como fuente de energía provienen principalmente de la degradación proteica a nivel celular, que ocurre cuando las fuentes y reservas nutricionales de otros nutrientes se han agotado. Cada aminoácido es metabolizado en secuencias específicas de reacciones mediante las cuales, los aminoácidos son transformados en cetoácidos, acetil - CoA y metabolitos intermediarios del ciclo de Krebs, que se incorporan a los demás procesos ya señalados para los glúcidos y lípidos.

Las reacciones principales son de transaminación y desaminación oxidativa. Según la estructura química específica de los 20 aminoácidos comunes presentes en las proteínas, estos se dividen en siete grupos metabólicos que convergen en metabolitos semejantes. La primera etapa en el catabolismo es la transaminación donde el grupo amino se transfiere hacia un intermediario: glutamina y alanina, a partir de los cuales se origina glutamato, el sustrato de la desaminación oxidativa. El amoniaco generado es transformado en úrea, mediante una ruta metabólica, el ciclo de la úrea, que en los mamíferos ocurre en el hígado.

5.6. FERMENTACIÓN

En muchos microorganismos y en algunas células de organismos macroscópicos, bajo condiciones anaerobias, se da un proceso llamado fermentación.

La fermentación es un proceso anaeróbico que ocurre en el citosol, al ser la glucosa oxidada por glucólisis y el piruvato formado se reduce hasta moléculas orgánicas simples como el ácido láctico o el etanol, con los H^+ y e^- del $NADH^+$.



5.6.1. Tipos de fermentación

Existen varios tipos de fermentación, los más comunes son la fermentación alcohólica y la fermentación ácido láctica.

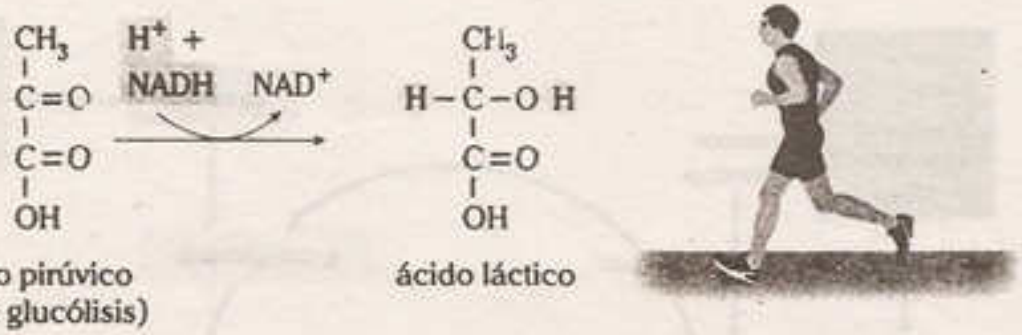
a. Fermentación homoláctica

Proceso anaerobio en el que luego de la glucólisis, el piruvato es reducido hasta ácido láctico. En este proceso participa la enzima lactato deshidrogenasa. La fermentación láctica ocurre en las células musculares estriadas en condiciones anaerobias. Durante el ejercicio prolongado, el ácido láctico se forma y acumula ocasionando la fatiga muscular.

La fermentación láctica en el atleta es un proceso de urgencia que permite la continuación de las reacciones glucolíticas con liberación de pequeñas cantidades de energía.

$$2CH_3COCOOH + 2NADH_2^+ \longrightarrow 2CH_3CHOHCOOH + 2NAD^+$$

piruvato; NAD reducido; ácido láctico; NAD oxidado



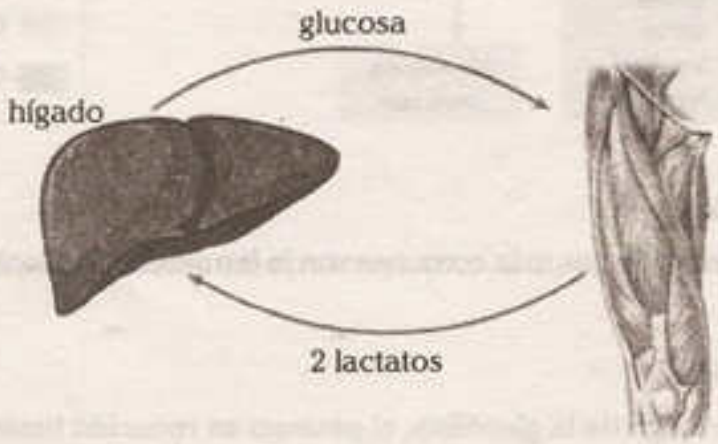
ácido pirúvico (de la glucólisis)

ácido láctico

Hay que destacar que el ácido láctico producido en los músculos estriados, por medio de la circulación sanguínea, al llegar al corazón es utilizado para la producción de energía. Lo que sucede es que las células musculares cardiacas mediante la lactato deshidrogenasa realizan el proceso inverso a la fermentación, es decir, convierten el ácido láctico en piruvato. Este piruvato producido pasa a la ruta aerobia rindiendo muchísimo ATP. El ácido láctico también, mediante la circulación sanguínea, puede llegar al hígado, donde sirve para volver a formar glucosa. Este proceso se reconoce como gluconeogénesis (neo=nuevo; génesis=origen).

Se ha comprobado que en las células cancerosas que proliferan con rapidez, la glucólisis es más veloz que las reacciones aeróbicas. Se produce muchísimo ácido pirúvico que es transformado hasta ácido láctico. El ácido láctico torna ácido el tumor cancerígeno, lo que dificulta el tratamiento.

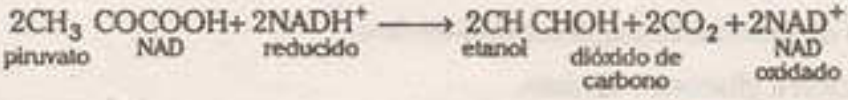
Ciclo de Cori

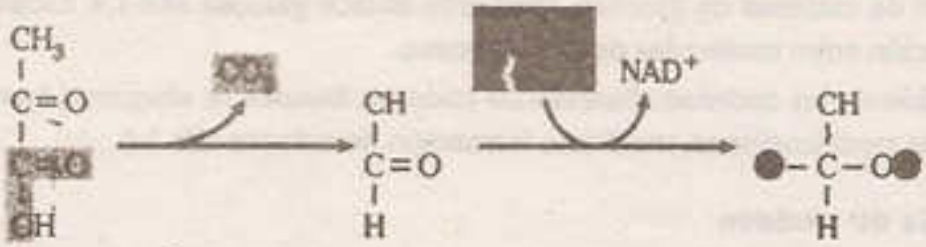


En el ciclo de Cori, el hígado realiza gluconeogénesis y los músculos fermentación láctica.

b. Fermentación alcohólica

Proceso anaerobio en el que el piruvato formado en la glucólisis es degradado hasta alcohol etílico y CO_2. En este proceso participan las enzimas descarboxilasa del piruvato y deshidrogenasa de alcohol. La fermentación alcohólica ocurre en algunas bacterias, levaduras y plantas.





ácido pirúvico (de la glucólisis) aceltadeído

(a)

c. Otros tipos de fermentación

La fermentación alcohólica y la homoláctica son procesos anaeróbicos muy corrientes. Entre otras rutas destacan las siguientes:

Fermentación heterolíctica mixta

Proceso anaeróbico en el que se forman ácido láctico, etar ol y CO_2. Se realiza en algunos microorganismos. La ruta metabólica es diferente a la glucólisis.

En otros tipos de fermentación se producen a(etona, ácido butírico, ácido succínico o ácido propiónico. Estos procesos son aprovechados industrialmente.

Fermentación pútrida

Recibe el nombre de putrefacción y se separa de las demás fermentaciones porque los sustratos de los que se parte son proteínas o aminoácidos. Los productos de esta fermentación suelen ser orgánicos y malolientes, como el indol y la cadaverina, que dan el olor a los cadáveres.

6▸ PROCESOS METABÓLICOS DE SÍNTESIS

Comprende una gran variedad de vías metabólicas que tienen como rasgo común la elaboración de biomoléculas que desempeñan funciones variadas, tales como aminoácidos y proteínas, polisacáridos estructurales y de reserva, ácidos nucleicos y lípidos. Las rutas metabólicas son específicas para cada caso y tienen como rasgo común el consumo de energía.

6.1. SÍNTESIS DE CARBOHIDRATOS

Los polisacáridos de reserva y estructurales se sintetizan a partir de los monosacáridos disponibles en la célula. Esencialmente consiste en una activación energética mediante nucleótidos energéticos, principalmente UTP (uridín-trifosfato) y luego la formación de enlaces glucosídicos. El proceso más conocido corresponde a la síntesis de glucógeno.

6.1.1. Glucogénesis

Es la síntesis de glucógeno, principalmente en el hígado y músculos, cuando existe disponibilidad de grandes cantidades de glucosa. Se realiza mediante la intervención de enzimas presentes en el citoplasma celular y puede ser descrito en las siguientes etapas:

- Activación de glucosa hasta glucosa-6-fosfato.
- Isomerización a glucosa-1-fosfato.
- Formación de cadenas de glucosa, mediante enlace glucosa alfa-1,4. Ocurren reacciones de condensación entre moléculas de UDP-glucosa.
- Ramificación de las cadenas. Cuando las cadenas lineales se alargaron hasta 6-8 glucosas, se generan las ramificaciones, mediante formación de enlaces alfa 1-6.

6.1.2. Síntesis de almidón

En un proceso semejante a la glucogénesis realizado en las células vegetales. Tiene como intermediario principal es la ADP-glucosa.

6.1.3. Síntesis de celulosa

Muy semejante a los procesos anteriores, utiliza como intermediario UDP-glucosa.

6.1.4. Gluconeogénesis

Consiste en la síntesis no fotosintética de glucosa realizada por los organismos heterótrofos; principalmente los animales, específicamente el hombre, del cual se conoce incluso los mecanismos de regulación enzimática y endocrina.

La gluconeogénesis es realizada en las células hepáticas a partir de los intermediarios metabólicos del ciclo de Krebs, se activa cuando la glucosa sanguínea se encuentra por debajo de ciertos límites. El oxalacetato OAA intermediario que inicia y culmina el ciclo de Krebs es convertido en fosfoenolpiruvato PEP, a partir de este las reacciones son las mismas de la glucólisis pero en sentido inverso hasta glucosa-fosfato.

En la medida que los aminoácidos son catabolizados en el ciclo de Krebs, la mayoría de estos pueden ser transformados en glucosa y luego en glucógeno.

6.2. SÍNTESIS DE LÍPIDOS

Comprende síntesis de ácidos grasos, grasas, fosfolípidos, esteroides y otras moléculas bioactivas.

6.2.1. Síntesis "de novo" de ácidos grasos

Se realiza a partir de acetil-S-CoA, un producto generado en el catabolismo de los monosacáridos, aminoácidos, por cuanto los ácidos grasos ya existentes se utilizan como tales. El proceso consiste esencialmente en la síntesis del intermediario malonil-S-CoA, a partir de acetil-S-CoA y dióxido de carbono. Posteriormente ocurren reacciones de condensación cuyo intermediario más importante son los acetoacetil-S-CoA, en secuencias cíclicas que implican la adición de 2C por ciclo. Las reacciones requieren ATP y $NADPH_2$. La síntesis de ácidos grasos insaturados es semejante pero involucra formar dobles enlaces.

6.2.2. Síntesis de grasas

Se realiza por reacciones de condensación enzimáticas.

6.2.3. Síntesis de fosfolípidos

Es muy semejante a las grasas, pero con enzimas específicas.

6.2.4. Síntesis de colesterol

Se realiza a partir del Acetil-S-CoA, en una secuencia de reacciones que tiene como intermediarios: mevalonato, isopentenilo, geranil, farnesil, etc. Hasta escualeno que es transformado en colesterol.

6.2.5. Síntesis de derivados esteroides

Se realiza a partir del colesterol mediante reacciones específicas. Así se elaboran la vitamina D, las hormonas esteroides, los ácidos y sales biliares, etc.

6.2.6. Síntesis de isoprenoides

Se realiza a partir del intermediario isopentenilo de la vía sintética del colesterol. De este modo son sintetizados, los carotenoides, pigmentos fotosintéticos y otros metabolitos.

6.3. SÍNTESIS DE NUCLEÓTIDOS Y ÁCIDOS NUCLEICOS

6.3.1. Síntesis bases nitrogenadas y nucleótidos

Se realiza utilizando como materia prima algunos aminoácidos y sus derivados que se unen progresivamente a las pentosas. Las reacciones son específicas para cada nucleótido. Se elaboran nucleótidos monofosfatados que durante las reacciones metabólicas son fosforilados progresivamente.

6.3.2. Síntesis de ácidos nucleicos

Corresponde a los procesos específicos de la replicación y transcripción, en los cuales se unen los nucleótidos mediante enlaces fosfodiéster.

6.4. SÍNTESIS DE AMINOÁCIDOS Y PROTEÍNAS

6.4.1. Biosíntesis de aminoácidos "de novo"

Los aminoácidos son sintetizados en reacciones inversas al catabolismo a partir de los intermediarios metabólicos del ciclo de Krebs y otros metabolitos específicos. Las reacciones más importantes son de transferencia del grupo amino y cadenas laterales como radicales metilo. En el ser humano solo se sintetizan los aminoácidos no esenciales.

6.4.2. Biosíntesis de proteínas

La formación de nuevas proteínas se realiza mediante procesos de transcripción y traducción.

La ATP sintasa de las arqueas aeróbicas

El dominio arquea cuenta hasta la fecha con cinco ramas principales: *Crenarchaeota*, *Euryarchaeota*, *Thaumarchaeota*, *Korarchaeota* y *Nanoarchaeota*. Desde su descubrimiento, las arqueas han pasado de ser rarezas extremófilas a ser consideradas organismos de importancia universal, útiles para elucidar preguntas biológicas fundamentales. Aún cuando comparten características básicas de su maquinaria genética y metabólica con las bacterias, poseen propiedades distintas de las bacterias y eucarias, que las ubican filogenéticamente más cerca de la raíz hipotética del árbol de la vida.

Con respecto a su metabolismo energético, las arqueas son un grupo muy heterogéneo. En la obtención de energía en este grupo de organismos se realizan la respiración aeróbica y anaeróbica (utilizando oxígeno y azufre o nitratos, respectivamente), la fermentación, la fotorespiración anaeróbica (mediante bacteriorodopsina como bomba de protones activada por luz), las reacciones de transferencia de metilos para generación de gradientes de sodio y las hidrogenasas reductoras de protones. En estos organismos, la síntesis de ATP se encuentra acorde con la teoría quimiosmótica, basada en gradientes de iones a través de membranas, mediante bombas primarias y su utilización en la síntesis de ATP; proceso semejante, para la mayoría de las formas existentes de vida, y que recae en el principio universal de transducción quimiosmótica que evolucionó de forma temprana.

Dentro del estudio reciente del metabolismo de las arqueas, el papel preponderante lo ocupan los organismos metanogénicos. Los metanógenos son estrictamente quimiosmóticos, lo que significa que es indispensable una enzima que sintetice ATP. Las arqueas metanogénicas son una de las pocas formas de vida que producen un potencial electroquímico transmembranal ($\Delta\mu$) de iones H^+ y Na^+, simultáneamente.

Por otro lado, los halófilos pueden realizar respiración/fotosíntesis, e igualmente fermentación; en este caso necesitan una enzima capaz de trabajar en ambas direcciones (síntesis e hidrólisis). La mayoría de los hipertermófilos son estrictamente anaerobios y la obtención de ATP se encuentra ligada a la enzima Acetil CoA sintetasa (ACS), en donde el ATP se forma a partir de un derivado de CoA, ADP y fosfato inorgánico; por lo tanto, no hay necesidad de una ATP sintasa.

Se ha propuesto que las ATPasas provienen de un ancestro común, la hipótesis más aceptada postula que un organismo anaeróbico desarrolló una bomba de protones dependiente de ATP para la formación de un gradiente en su membrana, esta enzima evolucionó a una ATP sintasa y, posteriormente, a una bomba de H^+ ajustando nuevamente la relación estructural, a fin de modificar la relación H^+/ATP de acuerdo a la función a desarrollar.

La especificidad de la ATP sintasa por el ión a utilizar se encuentra definida por una región traslocadora en la base de la enzima (Ao), formada por un anillo que agrupa múltiples copias de una subunidad enzimática, cada una de las cuales posee un sitio de unión. Recientemente, las investigaciones demostraron que la ATP sintasa de una especie metanógena, es capaz de utilizar ambos gradientes (Na^+ y H^+) simultáneamente para sintetizar ATP.

Adaptado de MIRANDA ASTUDILLO, Héctor Vicente. *Estructura y función de la ATP sintasa de las arqueas aeróbicas.*

Preguntas resueltas

Pregunta 1

La rotenona, un plaguicida de origen vegetal que se extrae de raíces de plantas tropicales leguminosas, es muy tóxico para animales poiquilotermos y menos tóxico para los animales homeotermos, incluido el ser humano. Su toxicidad se debe a que inhibe el complejo I de la cadena respiratoria, que se manifiesta con parálisis y muerte del individuo afectado. Al respecto se concluye que la rotenona tiene su lugar de acción celular en

A) el plasmalema.
B) la matriz mitocondrial.
C) el citosol.
D) el núcleo celular.
E) la membrana mitocondrial interna.

Resolución
La acción tóxica de la rotenona es por inhibición del complejo I de la cadena respiratoria que está conformado por la enzima NAD-FAD oxidoreductasa, que transfiere electrones del NAD a FAD en la membrana interna de la mitocondria, que será el lugar donde actúa ese tóxico.

Clave E

Pregunta 2

El ATP, considerado como la "moneda energética de la vida" por su ubicuidad y participación durante los procesos metabólicos energéticos, es un nucleótido de adenina, ribosa y ácido fosfórico. La energía presente en esta sustancia se encuentra bajo la forma de

A) enlace N-glucosídico.
B) base nitrogenada.
C) enlaces éster fosfórico.
D) enlaces covalentes de C.
E) electrones de resonancia.

Resolución
El ATP, adenosin-trifosfato, posee en su estructura enlaces éster fosfórico, que por su configuración electrónica acumulan cantidades considerables de energía. El ATP posee 2 enlaces con esas características que se generan mediante acción enzimática y energía disponible.

Clave C

Pregunta 3

Los organismos aerobios utilizan oxígeno durante la producción de energía útil; paralelamente se produce la oxidación completa de nutrientes hasta dióxido de carbono y agua; sin embargo, el oxígeno no participa directamente, sino en la etapa final, como último aceptor de electrones y protones, los cuales provienen

A) del agua que se genera.
B) del oxígeno que se descompone.
C) del ATP formado.
D) de los nutrientes que se oxidan.
E) del aire porque es un proceso aeróbico.

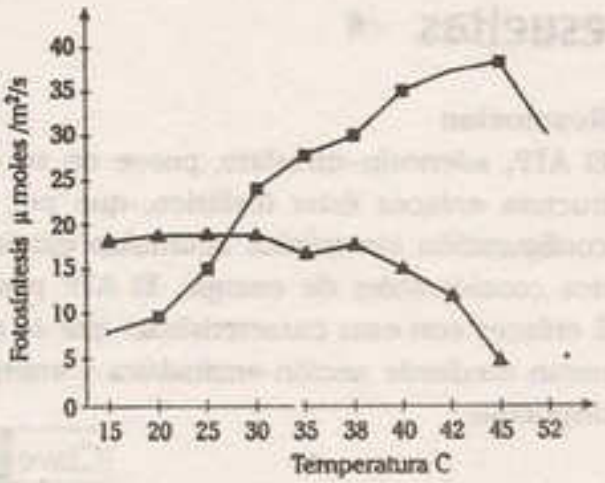
Resolución
En la respiración celular ocurre la oxidación y ruptura de los enlaces de los nutrientes utilizados como fuente de energía. Los protones y electrones liberados se transfieren a través de sistemas enzimáticos redox hasta que se unen con el oxígeno.

Clave D

Pregunta 4

El gráfico que se muestra a continuación es la medición experimental del rendimiento fotosintético de dos especies vegetales en función a la temperatura, considerando que esta afecta la concentración de gases atmosféricos.

Lumbreras Editores



Del gráfico se puede concluir que

A) la línea roja corresponde a una planta C3.
B) la línea azul corresponde a una planta de clima seco y cálido.
C) las líneas no tienen relación con el desempeño climático.
D) la línea roja es de una planta de ecosistema tropical.
E) la planta de la línea azul es una crasulácea.

Resolución

Por lo mostrado en el gráfico, la planta de la curva azul disminuye su rendimiento fotosintético, mientras que la variedad de la curva roja aumenta su desempeño hasta temperaturas altas, por lo que se deduce que está adaptada a climas más cálidos propios de ecosistemas tropicales.

Clave D

Pregunta 5

El ATP y otras sustancias son biomoléculas que intervienen como transductores de energía entre vías metabólicas exergónicas y endergónicas; asimismo, algunas de ellas son aceptores temporales de protones y electrones, otra forma de transducción energética. Por ello se puede concluir que en las reacciones bioquímicas individuales intervienen como

A) productos residuales.
B) biocatalizadores.
C) fuente de energía.
D) sustratos y productos.
E) reguladores alostéricos.

Resolución

Durante el catabolismo, la oxidación y la ruptura de enlaces libera energía que deposita en los enlaces del ATP, pero una fracción de energía fluye como electrones y protones transferidos hasta aceptores temporales, los cuales bioquímicamente están acoplados a las enzimas, por lo cual se comportan como sustratos que se transforman en productos.

Clave D

Pregunta 6

Según la primera ley de la termodinámica, la energía del universo se mantiene constante, y solo se transforma. En los organismos, la incorporación de energía bajo la forma de sustancias químicas genera estados estacionarios de estabilidad relativa, por ello puede afirmarse que, como sistemas individuales, en los seres vivos, la segunda ley de la termodinámica o incremento de la entropía

A) se cumple con la homeostasis.
B) se contrarresta con la energía consumida.
C) se satisface en todos sus enunciados.
D) es propia de un sistema equilibrado.
E) es propia de un sistema aislado.

Resolución

Los seres vivos se comportan como sistemas abiertos en los cuales fluye materia y energía que se transforman. Los organismos toman y disipan energía en relación al entorno, sin que ello varíe la energía del universo. Por otro lado la energía incorporada en forma de luz o materia se utiliza en mantener el equilibrio dinámico interno, disminuyendo de este modo la entropía interna sin afectar al universo.

Clave B

Lumbreras Editores

Pregunta 7

La cadena respiratoria es un sistema enzimático cuyos componentes participan en la generación de un gradiente electroquímico mediante una secuencia de reacciones redox, donde el último aceptor es el oxígeno u otra sustancia cuyo potencial redox sea apropiado. Desde el punto de vista energético en el balance final, es correcto afirmar que la cadena respiratoria tendrá un valor ΔG

A) numéricamente positivo.
B) numéricamente negativo.
C) numéricamente cero.
D) depende del aceptor final.
E) parcialmente positivo.

Resolución

Las vías metabólicas son secuencias de reacciones que se realizan ordenadamente sobre la base de un potencial. En cualquier ruta metabólica la variación de energía total es la sumatoria de los cambios en las reacciones individuales. En la medida que se libera energía, en el balance, la sumatoria resulta negativa.

Clave B

Pregunta 8

El tejido adiposo pardo presente en los recién nacidos humanos y muchos animales de climas muy fríos posee mitocondrias en cuya membrana interna se encuentra la proteína termogenina, de la cual se han identificado análogos en otros tejidos. La proteína mencionada favorece el flujo de protones hacia el mitosol sin la formación de ATP y estimula el uso energético del tejido adiposo y otros nutrientes para producir calor mediante respiración aerobia. Por ello podemos concluir que esta proteína funciona

A) favoreciendo la hidrólisis del ATP.
B) incrementando el anabolismo.
C) hidrolizando las reservas nutricionales.
D) desacoplando la gradiente de protones y la ATP sintetasa.
E) inhibiendo el transporte de electrones.

Resolución

La termogenina presente en las mitocondrias de los tejidos indicados actúan favoreciendo el flujo de protones, con lo cual disminuye el potencial electroosmótico que activa la ATP sintetasa, y la energía que no se utiliza para los enlaces energéticos se transforma en calor. Se produce un desacoplamiento por acción de la proteína que es beneficioso en los recién nacidos, animales hibernadores y de climas fríos.

Clave D

Pregunta 9

La fuente de energía más utilizada por las células son las hexosas, glucosa, fructosa, galactosa, y cuando estas se agotan, pueden utilizar ácidos grasos y aminoácidos, exceptuando algunas células que solo utilizan glúcidos. En todos los casos las estructuras celulares involucradas son las mismas, igual que las rutas metabólicas. ¿Cuál es la vía común en el catabolismo de glúcidos, lípidos y aminoácidos?

A) vía de Embden - Meyerhoff
B) funcionamiento de lanzaderas
C) ciclo del ácido cítrico
D) descarboxilación oxidativa
E) cadena respiratoria

Resolución

El catabolismo energético de los nutrientes origina metabolitos que son procesados mediante las reacciones del ciclo de Krebs, denominado también ciclo del ácido cítrico, que también sirve como punto de inicio de algunas biosíntesis.

Clave C

Lumbreras Editores

Preguntas propuestas

1. En un experimento, se extraen los cloroplastos de una célula parenquimática y se colocan en un ambiente rico en dióxido de carbono, agua y abundante luz. ¿Qué resultados se esperarían de ese experimento?

   A) muerte de los cloroplastos
   B) cambio de color
   C) intensa actividad fotosintética
   D) aumento de tamaño
   E) reproducción de los cloroplastos

2. Si se riega una planta con agua que contiene oxígeno radiactivo, ¿dónde podría ser localizado oxígeno después de un tiempo razonable?

   A) en las hojas
   B) en la glucosa y otros azúcares
   C) en el almidón
   D) en la atmósfera
   E) en las raíces de la planta

3. La rotenona es una sustancia que suele utilizarse en la pesca artesanal, ya que provoca intoxicación en los peces, sin efecto en el hombre. Desde el punto de vista metabólico, la rotenona inhibe el complejo I de la cadena respiratoria, por lo cual se concluye que no tiene acción en

   A) la transferencia de electrones.
   B) la degradación de la glucosa.
   C) la reacción con el oxígeno.
   D) la síntesis de ATP mitocondrial.
   E) el bombeo de protones.

4. La hipótesis de Mitchell explica que las ATP sintetasas, localizadas en las mitocondrias, cloroplastos y otras estructuras celulares, son activadas por una gradiente de protones, la que a su vez es generada por transferencia de electrones. En la fotosíntesis, la fuente de protones y electrones es el agua u otro donador, mientras que en la respiración celular, la fuente de protones y electrones que generan la gradiente son

   A) el oxígeno y dióxido de carbono.
   B) las coenzimas derivadas del complejo B.
   C) los nutrientes que se oxidan.
   D) las enzimas de la cadena respiratoria.
   E) el agua metabólica residual.

5. En cualquier sistema, la energía que puede ser convertida en trabajo es la energía libre. En los organismos, esa energía es utilizada en los procesos del anabolismo, dentro de los cuales no se encuentra

   A) producción de calor.
   B) síntesis de biomoléculas.
   C) utilización de reservas nutricionales.
   D) movimiento de órganos y estructuras celulares.
   E) procesos reproductivos.

6. En las reacciones estandarizadas y en los procesos biológicos, la variación de la energía libre es una medida de la ocurrencia de una transformación. Esta variable, se relaciona también con los potenciales redox de las sustancias que participan en el metabolismo. Al respecto se puede concluir que un proceso bioquímico es catabólico cuando en el resultado, el valor ΔG

   A) es numéricamente positivo.
   B) es numéricamente negativo.
   C) es numéricamente cero.
   D) no tiene una medida exacta.
   E) depende de la temperatura.

Lumbreras Editores

7. Las sustancias conocidas como desacoplantes sintéticos, como el 2,4 - dinitrofenol (DNP), son sustancias hidrofóbicas, que actúan captando los protones presentes en la cámara externa mitocondrial y los transfieren a la matriz. Sobre esa base, indique los efectos que resultan de la presencia de estas sustancias.

I. No se produce ATP.
II. No hay unión de electrones con el oxígeno.
III. El potencial electroquímico se convierte en calor.

A) I, II y III B) solo II C) I y II
D) I y III E) II y III

8. Muchas reacciones de la respiración celular se realizan en las mitocondrias, cuya membrana interna

A) es más permeable que la externa.
B) es menos permeable que la externa.
C) es donde se localizan las proteínas de la cadena de transporte de electrones.
D) sintetiza la matriz intermembranosa.
E) presenta pliegues donde se localizan las enzimas que sintetizan ATP.

9. En las células hepáticas, el proceso de oxidación de la glucosa a nivel del citoplasma, libera electrones que para ingresar a la mitocondria requiere la participación de

A) NAD capaz de atravesar las membranas mitocondriales.
B) sistema de lanzadera malato-aspartato.
C) FAD capaz de atravesar las membranas mitocondriales.
D) sistema de lanzadera glicerol-fosfato.
E) coenzima A.

10. Existen algunas bacterias, como el bacilo tetánico, que no toleran el oxígeno pero poseen cadena respiratoria localizada en su membrana celular y sustituyen el oxígeno por otras sustancias. ¿Cuál es la función del sustituto de oxígeno en esta respiración anaerobia?

A) transductor de energía
B) fuente de energía
C) aceptor de protones y electrones
D) cofactor enzimático
E) residuo metabólico

11. La cadena respiratoria está conformada por un conjunto de sustancias que transfieren protones y electrones generando una gradiente electroquímica que se aprovecha en la formación de enlaces energéticos. ¿Qué tipo de sustancias son los componentes de la cadena respiratoria?

A) vitaminas liposolubles
B) vitaminas hidrosolubles
C) enzimas transferasas
D) enzimas oxidoreductasas
E) cofactores enzimáticos

12. Los hidrocarburos denominados combustibles fósiles están compuestos de C e H, que se extraen de la corteza terrestre, donde se han generado por procesos de transformación química durante millones de años, a partir de los restos de organismos que ocuparon la corteza terrestre. El C e H orgánicos fueron incorporados a los yacimientos de combustibles mediante

A) oxidación C e H.
B) descomposición de otras sustancias.
C) procesos heterotróficos.
D) procesos autotróficos.
E) combustión de materia orgánica.

Lumbreras Editores

13. Las celdas fotovoltaicas son dispositivos que permiten transformar la luz en corriente eléctrica utilizando materiales semiconductores como el silicio y, recientemente, algunas resinas sintéticas. La base del funcionamiento es semejante a la etapa luminosa de la fotosíntesis, donde el equivalente funcional de una celda corresponde a

A) los fotosistemas.
B) la cadena transportadora de electrones.
C) la ATP sintetasa.
D) los componentes del estroma.
E) un tilacoide del cloroplasto.

14. El paraquat, un herbicida químico que se utiliza para el control de una muy amplia variedad de malas hierbas en todos los climas, actúa en los cloroplastos de las plantas verdes, específicamente a nivel del [illegible] bioquímico conocido como fotosistema I, bloqueando su función. Según lo anterior, puede concluir que el herbicida interfiere con

A) el proceso de fotólisis del agua.
B) el funcionamiento del centro de reacción P680.
C) la reducción del NADP.
D) la síntesis de ATP por quimiosmosis.
E) la asimilación del dióxido de C.

15. La fotosíntesis que ocurre en los organismos oxigénicos difiere con bacterias anoxigénicas esencialmente en la fase lumínica, por la presencia de un solo fotosistema que modifica el flujo de protones y electrones, así como en el donador inicial de los mismos. ¿Cuál de los siguientes hechos no ocurre durante la fotofosforilación en bacterias anoxigénicas?

A) la acumulación intratilacoidal de protones
B) el transporte de electrones en la membrana
C) la fotólisis de agua
D) la fotofosforilación
E) la activación de ATP sintetasa

16. En muchos ambientes acuáticos habitan microorganismos fotosintéticos que utilizan sulfuro de H como donador de protones y electrones de la etapa luminosa; estos organismos solo poseen el fotosistema I, por lo cual no generan oxígeno residual. Indique el tipo de organismos a los que se refiere la información brindada.

A) cianobacterias
B) algas verdes
C) bacterias púrpureas
D) protozoarios
E) hongos

17. La fotosíntesis utiliza una fracción de radiación solar en la zona del espectro visible, porque los pigmentos vegetales absorben energía de ondas electromagnéticas con longitudes de 680-700 nm y el resto es reflejado. Relacionando la longitud de onda con los colores del espectro luminoso, identifique la luz que es menos asimilada por las plantas.

A) azul
B) amarilla
C) verde
D) roja
E) ultravioleta

Lumbreras Editores

A todo el público en general:

El Proyecto Modo Scan+100, nace de una idea del **Team Calapenshko**, el cual es difundir todo aquel texto inédito que no esté circulando en la red.

Nuestro Grupo Calapenshko hace el mejor esfuerzo para digitalizar este libro, y así usted estimado lector pueda obtener la mejor experiencia que toda persona desea al abrir un libro.

Este proyecto llega gracias a las **donaciones que se pudo obtener de 100 personas** comprometidas con el proyecto **MODO SCAN+100**.

Este libro no debe ser prostituito monetariamente, este libro no debe ser coleccionado, este libro debe ser destruido analíticamente, así que te invito a leerlo.

No pagues por este libro de **circulación gratuita**, búscalo en la red.

Atentamente, el **GRUPO CALAPENSHKO**

18 de agosto del 2020

CAPÍTULO VIII

INFORMACIÓN GENÉTICA CELULAR

Objetivos:

- Identificar las moléculas portadoras de información genética y la manera en que el flujo de esta información está involucrada en las funciones vivientes.
- Comprender las bases bioquímicas de la replicación y de la expresión de la información genética.
- Analizar las causas y las consecuencias de la alteración de la información genética, su replicación y su expresión.

Introducción

La comprensión de los principios básicos de la herencia y el descubrimiento de unidades de información hereditaria, a las que denominaron genes, permitió a los científicos estar de acuerdo en que dichos genes debían tener alguna forma de almacenar dicha información, que la célula pueda expresar para la manifestación de los caracteres en un individuo y pueda ser replicada para su transmisión a la descendencia. Por tanto, el avance de la ciencia de la genética trajo consigo nuevas interrogantes: ¿Qué tipo de molécula podría almacenar dicha información? ¿Cómo esta información participa en el control de las funciones celulares? ¿Cómo la información se replica para su transmisión a la descendencia? ¿Qué tipo de molécula podría ser relativamente estable, pero tener la capacidad de cambiar bajo ciertas condiciones, dando lugar a una mutación?

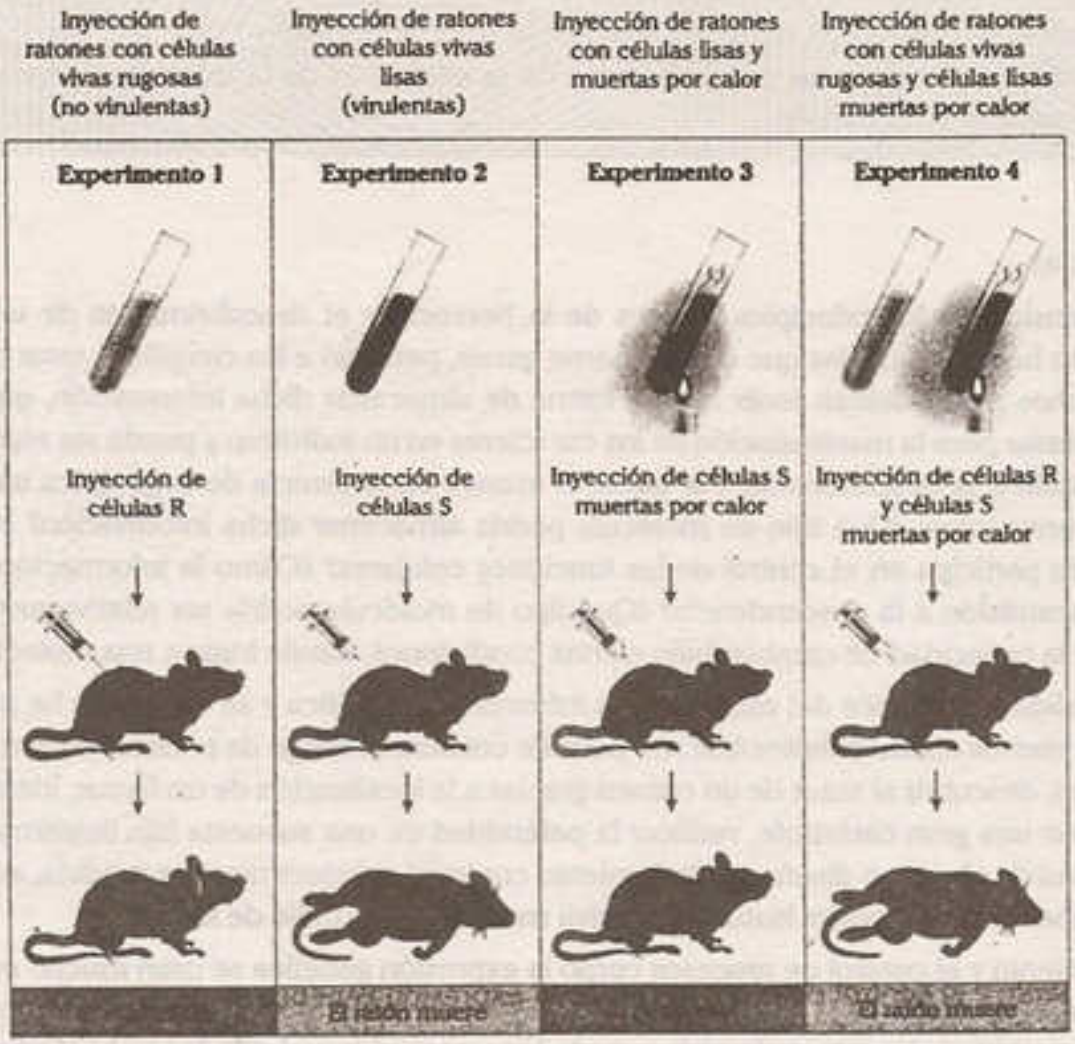
En la actualidad, el avance del estudio de la información genética y su expresión ha abierto a un mundo de nuevos conocimientos que nos permite conocer el riesgo de padecer determinadas enfermedades, descubrir al autor de un crimen gracias a la localización de un fémur, identificar a los fallecidos en una gran catástrofe, verificar la paternidad de una supuesta hija ilegítima, preservar una variedad de plantas o diseñar un tratamiento contra el envejecimiento a medida, además, nos permite saber más de nuestra historia evolutiva mediante el estudio de fósiles.

El conocimiento y el control de procesos como la expresión genética se usan mucho en la biotecnología, especialmente en la ingeniería genética. La expresión de los genes de una especie que han sido insertados al genoma de otra especie incorpora el mundo de los transgénicos, proceso utilizado para el mejoramiento genético animal y vegetal. También se vislumbra el tratamiento de enfermedades genéticas donde los genes alterados pueden ser reemplazados por los genes correctos en un nuevo campo denominado terapia génica.

1▸ ADN E INFORMACIÓN GENÉTICA

Debido al descubrimiento de la participación de las proteínas en prácticamente todos los aspectos de la estructura celular y del metabolismo, algunos científicos consideraron que las proteínas constituían el material genético; sin embargo, algunos investigadores descubrieron que el ácido desoxirribonucleico (ADN) es la base molecular de la herencia.

En 1928, el médico británico Frederick Griffith, experimentando con cepas de neumococos, demostró que alguna sustancia química era transfe ida de bacterias virulentas (cepa S) muertas a bacterias inofensivas (cepa R) vivas, provocan lo que dichas bacterias se transformen en virulentas, a dicha sustancia la denominó factor de transformación y la consideró como la molécula responsable de las características del individuo. Su experimento consistió en cuatro experimentos con ratones, utilizando las dos cepas de neumococos.



Experimentos de Griffith usando 2 cepas de neumococos, la cepa virulenta (S) y la no virulenta (R). Al combinar bacterias S muertas con bacterias R vivas, las últimas se transforman en virulentas.

En 1944, Oswald Avery luego de ensayar con distintos componentes moleculares de dichas bacterias, identificaron que el ADN era dicho factor de transformación transferido.

Los científicos en general, no aceptaron el ADN como el material genético hasta 1953, cuando James Watson y Francis Crick, integraron toda la información disponible respecto al ADN y propusieron un modelo para su estructura que demostró cómo la molécula de ADN puede portar tanto la información para fabricar proteínas y servir como su propio molde (patron o guía) para su duplicacion.

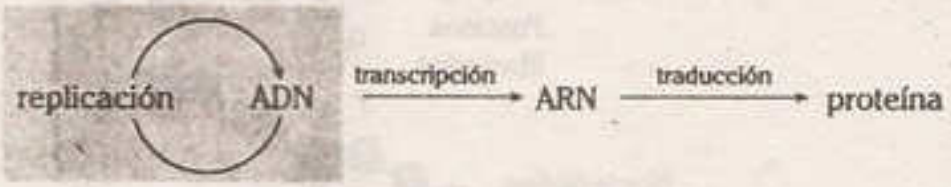
El modelo de doble hélice sugiere firmemente que la secuencia de bases en el ADN almacena la información genética, y que las combinaciones posibles de dichas secuencias son virtualmente ilimitadas. Debido a que una molécula de ADN incluye millones de bases a lo largo de su estructura, puede almacenar enormes cantidades de información, por lo general consistente en cientos de genes.

2▸ Flujo de la información genética

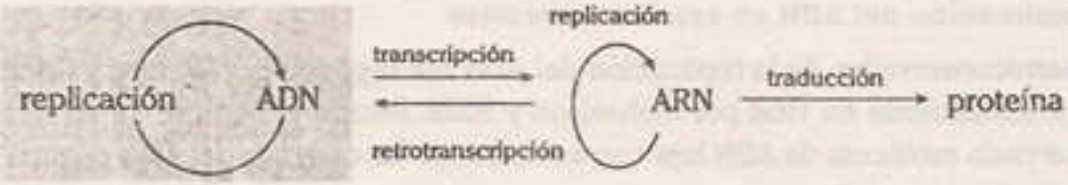
A principios de la década de 1940, los genetistas George Beadle y Edward Tatum, experimentando con el hongo neurospora, demostraron que los genes se expresan en forma de proteínas, con lo cual propusieron la hipótesis "Un gen, una enzima":

En 1958, Crick propuso la hipótesis de la colinearidad, la cual propone que existe una relación entre la ordenación lineal de los nucleótidos en los ácidos nucleicos (ADN) y la ordenación lineal de los aminoácidos en las proteínas.

Esta observación le permite a Crick expresar el dogma central de la biología molecular, el cual propone que existe una unidireccionalidad en la expresión de la información contenida en los genes de una célula, es decir, el ADN se transcribe como ARN mensajero y este se traduce como proteína, elemento que finalmente realiza la acción celular. El dogma también postula que solo el ADN puede duplicarse y, por lo tanto, reproducirse y transmitir la información genética a la descendencia.



En 1970, Temin y Baltimore demostraron que durante la replicación de algunos virus ocurría la formación de ADN a partir de ARN, proceso denominado transcripción inversa o retrotranscripción. Este descubrimiento supuso la primera evidencia de la falsedad del dogma central de la biología molecular. Uno de los grupos virales que utilizan la transcripción inversa para replicarse son los retrovirus que comprenden al VIH (virus de la inmunodeficiencia humana) causante del sida.



3▸ Replicación de la información genética

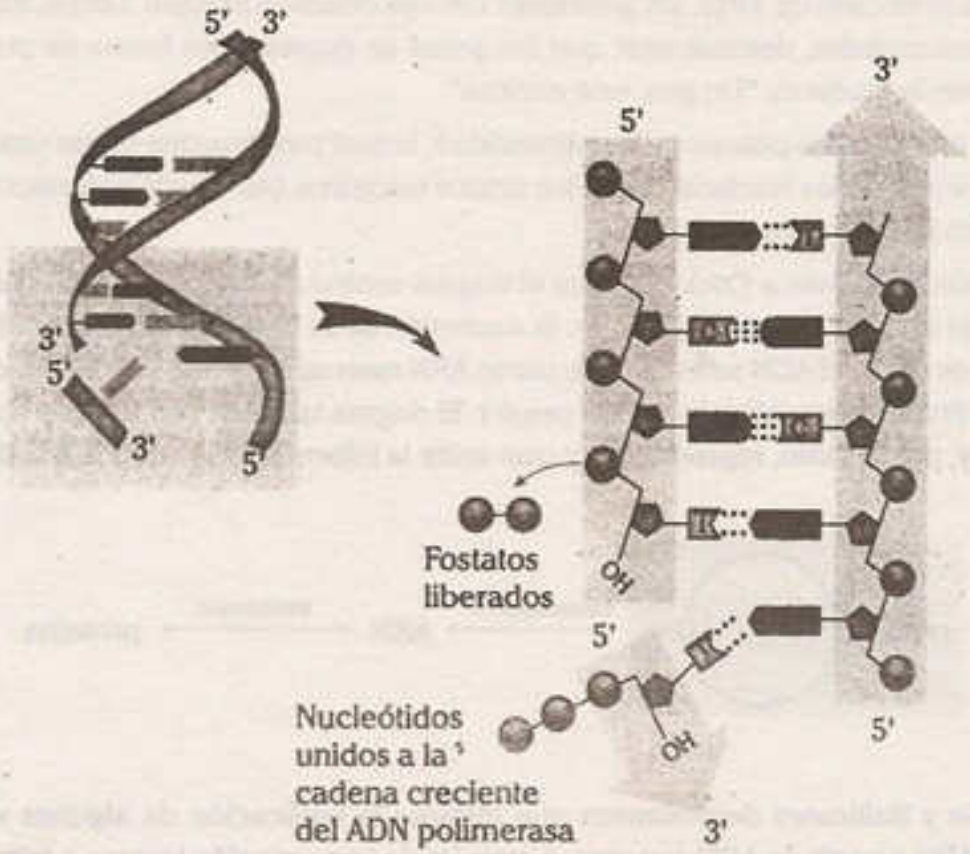
La conexion entre la replicación del ADN y el comportamiento de los cromosomas en la mitosis fue obvia para Watson y Crick. Por lo cual propusieron que el material genético debe ser exactamente duplicado y distribuido a las células hijas.

En el proceso de replicación, a partir de una molécula de ADN denominado patrón, se forman dos moléculas hijas de AND en un proceso catalizado por la enzima ADN polimerasa. La secuencia de bases o información genética de los ADN hijos son idénticas entre sí y similares al del AND patrón.

3.1. ENZIMA ADN POLIMERASA

La replicación del ADN es catalizada por enzimas, que facilitan y aceleran la polimerización o unión de nucleótidos para la síntesis de una cadena nueva de ADN.

Cada nucleótido que participa en este proceso de polimerización tiene 3 fosfatos y conforme son unidos a la cadena, dos de sus fosfatos son removidos.



Accion catalitica del ADN polimerasa en la síntesis de ADN

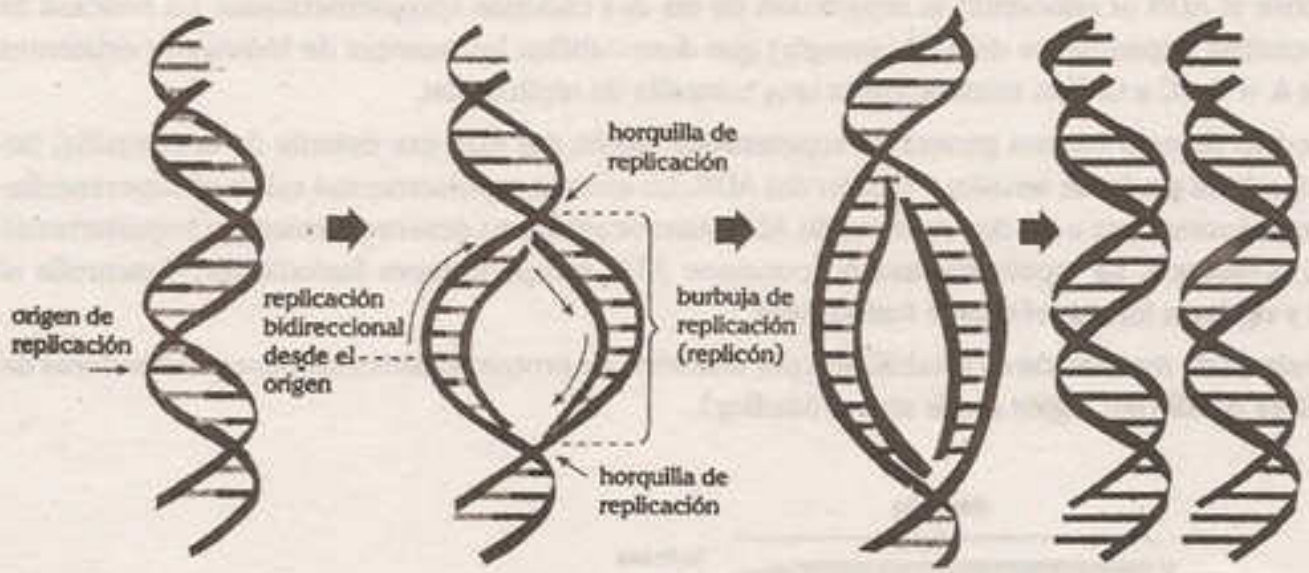
3.2. CARACTERÍSTICAS DE LA REPLICACIÓN DEL ADN

3.2.1. La replicación del ADN es semiconservativo

El modelo semiconservativo de la replicación del ADN fue sugerido por Watson y Crick, y demostrado experimentalmente en 1958 por Mehselson y Stahl. Recibe el nombre de semiconservativo debido a que cada molécula de ADN hija conserva una de las cadenas del ADN original.

El modelo propuso que debido a que las cadenas complementarias de la molécula de ADN patrón se separan por ruptura de los enlaces puentes de hidrógenos y cada una de ellas sirve como guía o plantilla para la síntesis de una cadena complementaria nueva. El resultado sería dos moléculas de ADN hijas idénticas entre sí y la molécula patrón.

MODELO SEMICONSERVADOR DE LA REPLICACIÓN DE ADN



3.2.2. El sentido o dirección de la síntesis de la cadena de AND es 5' → 3'

La enzima ADN polimerasa solo agrega nucleótidos al extremo 3' de la cadena complementaria en formación, por lo cual el sentido de la síntesis siempre ocurre en una dirección 5' → 3'.

3.2.3. La síntesis de ADN requiere un cebador de ARN

Las ADN polimerasas agregan nucleótidos solamente al extremo 3' de una cadena existente, por lo cual se requiere la formación de un fragmento de ARN (de 5 a 14 nucleótidos) llamado cebador de ARN o primer, en el punto donde empieza la replicación. La enzima que cataliza la formación de este ARN cebador es la ARN primasa.

3.2.4. La replicación del ADN es bidireccional

Debido a que las cadenas complementarias del ADN patrón son antiparalelas, y la síntesis solo procede en la dirección 5' → 3' , cada una de las cadenas complementarias nuevas se sintetizan en sentido contrario.

3.2.5. La replicación del ADN es semidiscontinua

Como la síntesis del ADN es bidireccional, una de las cadenas nuevas, denominada líder, se sintetiza en el sentido en que se separan las cadenas complementarias del ADN patrón, y se dice que su síntesis es continua. La otra cadena nueva es denominada retrasada y se sintetiza en sentido contrario a la separación de las cadenas, formando cadenas cortas de ADN denominados fragmentos de Okazaki.

3.3. ETAPAS DE LA REPLICACIÓN DEL ADN

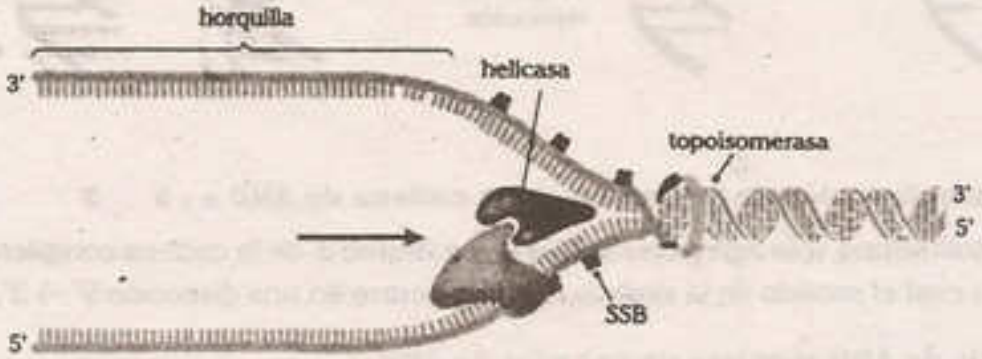
Las etapas que tienen lugar durante el proceso de duplicación del ADN en eucariotas son las siguientes:

a. Formación de la burbuja de replicación (replicón o duplicón)

La replicación del ADN comienza en un sitio llamado origen (sitio Ori), que resulta rico en A y T. Este sitio es reconocido por la enzima ADN polimerasa III. La enzima helicasa actúa inmediatamente sobre el ADN ocasionando la separación de las dos cadenas complementarias. La helicasa es una enzima dependiente de ATP (energía) que desestabiliza los puentes de hidrógeno existentes entre A = T y C ≡ G. Esta enzima forma una horquilla de replicación.

La acción de esta enzima genera un superenrollamiento del ADN por delante de la horquilla, aumentando el grado de tensión y torsión del ADN. La enzima topoisomerasa relaja el superenrollamiento al cortar una o las dos cadenas de ADN, esto ocasiona su desenrollamiento y seguidamente sella la muesca. La topoisomerasa no consume ATP, rompe enlaces fosfodiéster, desenrolla al ADN y vuelve a formar el enlace fosfodiéster.

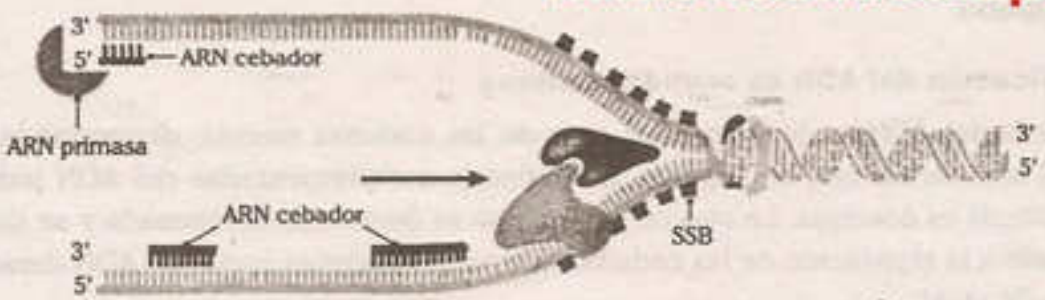
La burbuja de replicación es estabilizada por una serie de proteínas llamadas desestabilizadoras de la hélice o SSB (del inglés *single strand binding*).



b. Síntesis de ARN cebadores

Una vez formada la burbuja de replicación, las enzimas llamadas ARN primasas forman pequeños fragmentos de ARN cebadores (*primers*) que son complementarios al molde de ADN. Estos fragmentos de ARN son moléculas iniciadoras y se sintetizan en la dirección 5' → 3'. Sobre una cadena molde de ADN se forma un solo ARN cebador, mientras que sobre la otra se forman varios ARN cebadores.

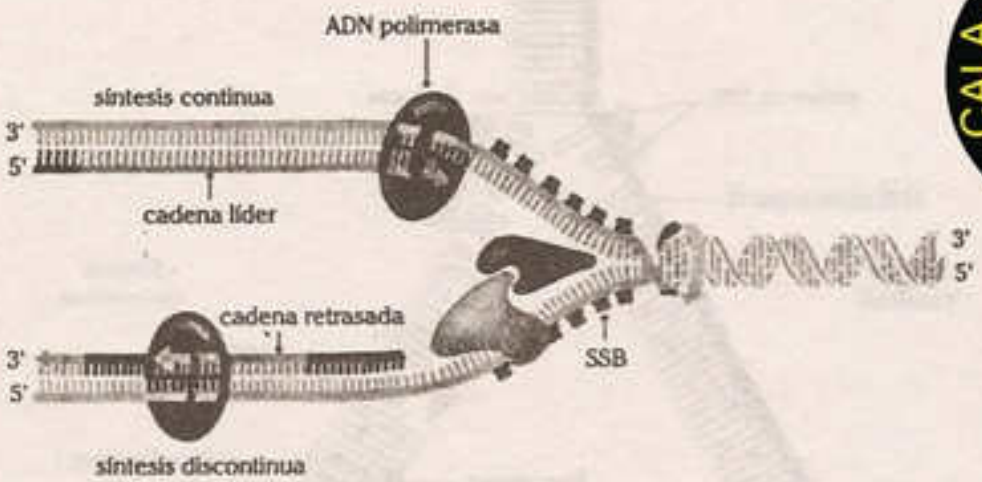
twitter.com/calapenshko



c. Síntesis de las cadenas de ADN

Los ARN cebadores dejan libre su extremo 3', donde tienen un grupo OH (oxhidrilo) sobre el que la ADN polimerasa III puede incorporar nucleótidos de ADN.

Una de las cadenas se sintetiza de forma continua, mientras que la otra lo hace de forma discontinua, por lo cual, a este proceso se le denomina semidiscontinuo.



Síntesis continua de ADN (adelantada)

Se realiza sobre la cadena del ADN a la que se ha incorporado un solo ARN cebador, esta cadena de ADN se denomina líder o adelantada. La ADN polimerasa III incorpora desoxirribonucleótidos trifosfatados en sentido 5' → 3'. Los nucleótidos incorporados son complementarios a los del ADN molde. Después cataliza la formación de enlaces fosfodiéster, en este proceso se liberan 2 fosfatos inorgánicos. La nueva cadena se sintetiza de forma continua.

Síntesis discontinua (retrasada o retardada)

Se realiza sobre la cadena del ADN en la que se han incorporado varios ARN cebadores. Esta cadena del ADN se denomina retrasada 5' → 3'. Los nucleótidos incorporados son complementarios a los de ADN molde. Luego, se cataliza la formación de enlaces fosfodiéster y en el proceso se libera pirofosfato (2 Pi).

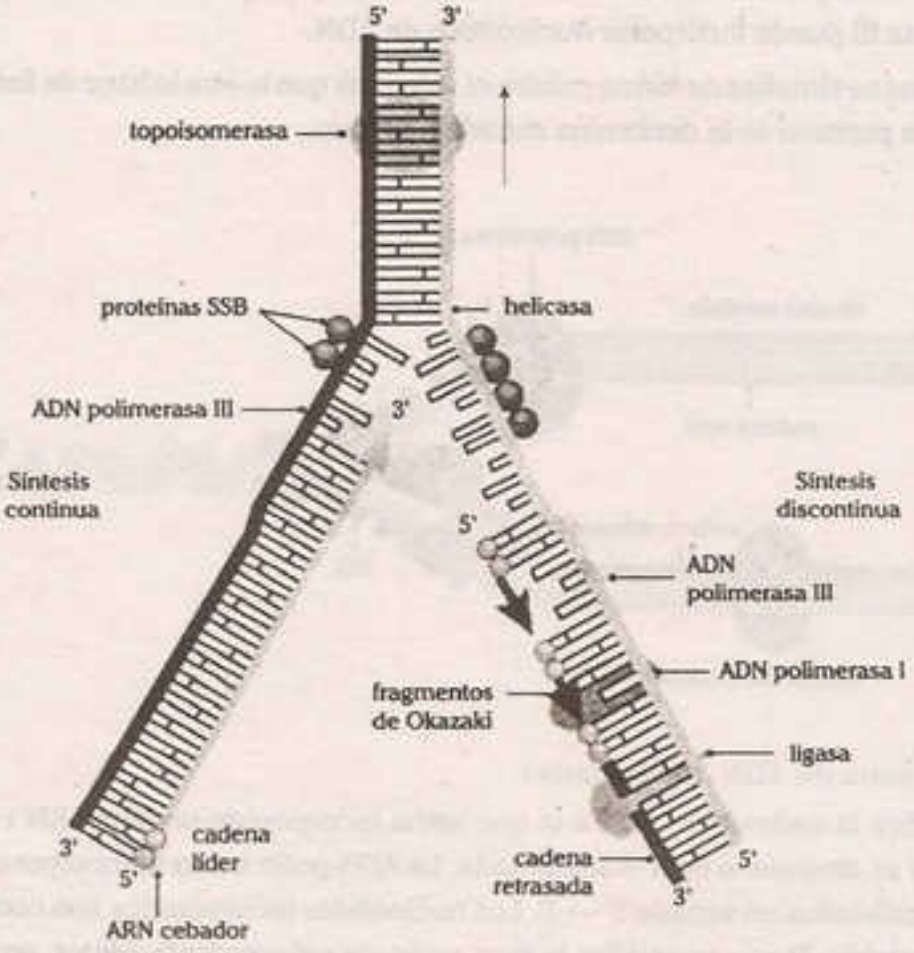
En esta duplicación se forman pequeños fragmentos de ADN nuevos denominados fragmentos de Okasaki. Estos fragmentos se encuentran separados por los ARN cebadores, es decir, se sintetizan de forma discontinua.

d. Expulsión del ARN cebador

Los ARN cebadores son removidos por la ADN polimerasa I. Esta enzima actúa como exonucleasa cuando expulsa al ARN cebador terminal de la síntesis continua, y como endonucleasa cuando expulsa a los ARN cebadores de la síntesis discontinua. La ADN polimerasa llena los espacios dejados por la remoción de los cebadores.

En la duplicación discontinua, la enzima ADN ligasa une los fragmentos de Okasaki formando enlaces fosfodiéster.

Replicación del ADN



En células eucariotas, las dos moléculas de ADN creadas adquieren forma helicoidal por acción de topoisomerasas y en las células eucariotas se asocian a las histonas (provenientes de ribosomas citoplásmicos) y constituyen así la cromatina.

twitter.com/calapenshko

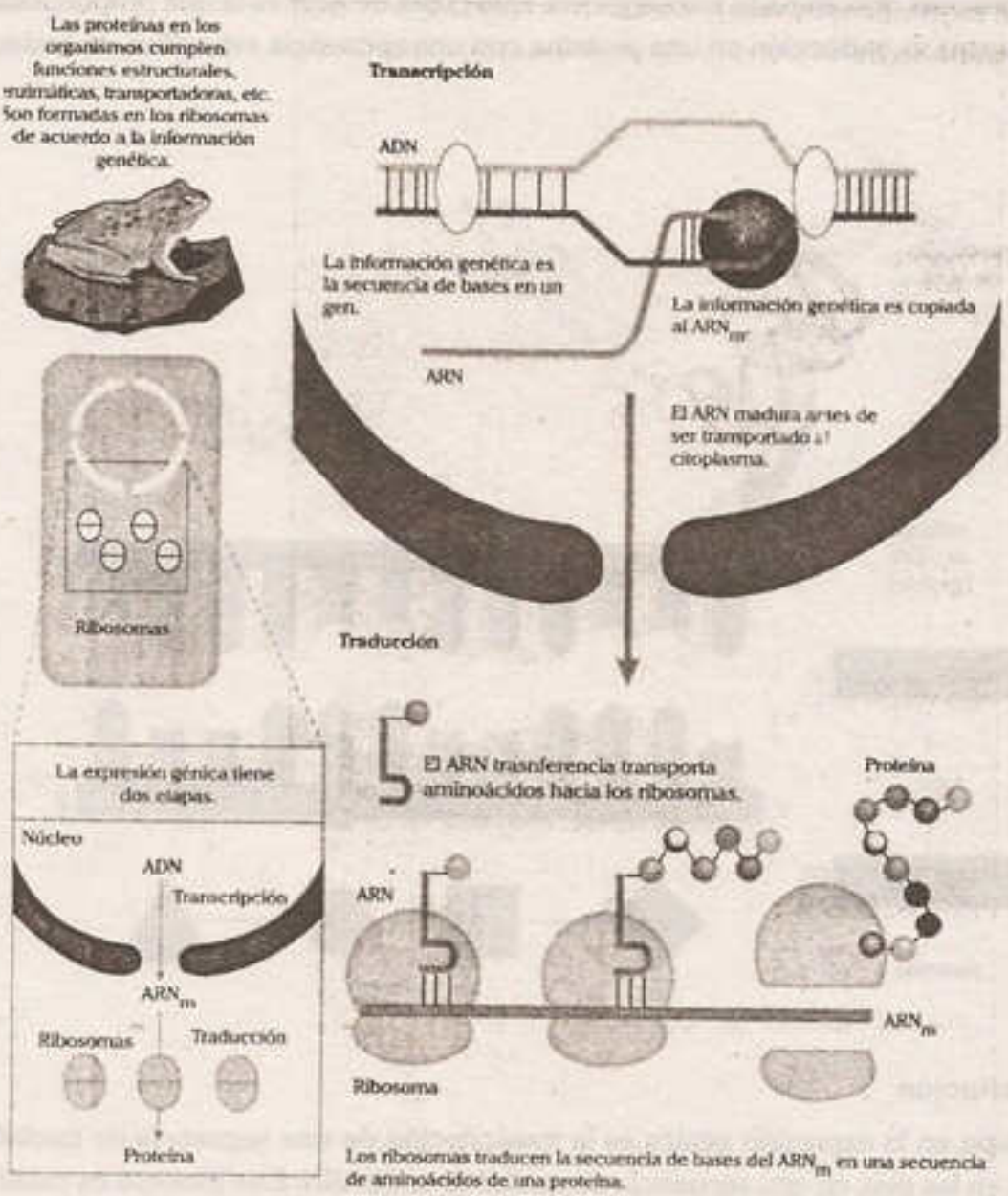
Procariotas	Eucariotas
1. La duplicación se origina en un solo sitio del cromosoma. Solo existe el ori (origen de replicación) y un solo dúplicón.	1. La duplicación se origina en forma simultánea en muchos sitios del cromosoma. Existen muchos oris y muchos duplicones.
2. La duplicación puede ser unidireccional y/o bidireccional.	2. La duplicación siempre es bidireccional.
3. El ARN cebador está formado por 50 nucleótidos.	3. El ARN cebador está formado por 9 nucleótidos.
4. Los fragmentos de Okasaki en la cadena retrasada constan de 200 nucleótidos.	4. Los fragmentos de Okasaki en la cadena retrasada constan de 1 000 a 2 000 nucleótidos.

4 EXPRESIÓN DE LA INFORMACIÓN GENÉTICA

La expresión génica implica una serie de pasos en los cuales la información en la secuencia de bases en el ADN se manifiesta en forma de proteínas en la célula. Las proteínas afectan las características de un individuo de alguna manera, esos efectos varían desde rasgos físicos rápidamente observables hasta sutiles cambios solo detectables a nivel bioquímico.

A principios de la decada de 1940, los genetistas George Beadle y Edward Tatum demostraron que los genes se expresan en forma de proteínas, aunque el mecanismo de expresion génica era completamente desconocido. Despues del descubrimiento de Watson y Crick de la estructura del ADN, muchos científicos investigaron para entender exactamente cómo ocurre la expresión génica.

EXPRESIÓN GÉNICA

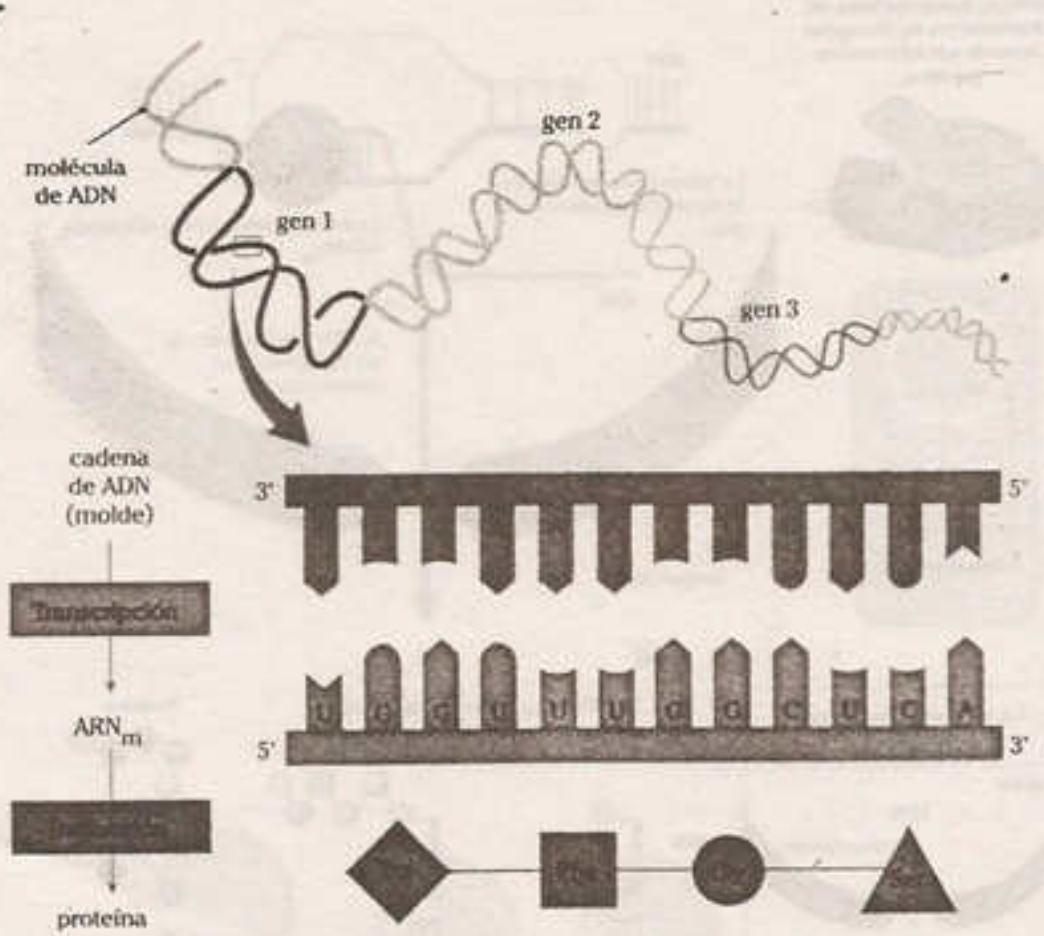


Los ribosomas traducen la secuencia de bases del ARN_m en una secuencia de aminoácidos de una proteína.

No todos los genes se transcriben todo el tiempo, sino que la transcripción se controla individualmente para cada gen. Las células regulan cuidadosamente la transcripción, de forma que solo se transcriben los genes cuyos productos son necesarios en un momento determinado, así tenemos que los genes para la producción de leche solo se expresan luego del embarazo y se detienen tiempo después a la culminación de la lactancia; en regiones con radiación solar muy intensa, la expresión de genes asociados a la síntesis del pigmento melanina es mayor y la tonalidad del color de piel es más intensa; en conejos Himalaya, las regiones corporales más frescas como el hocico, orejas y patas expresan el pigmento que brinda el color negro a su pelaje, mientras que en el resto de su cuerpo el color del pelaje es blanquecino.

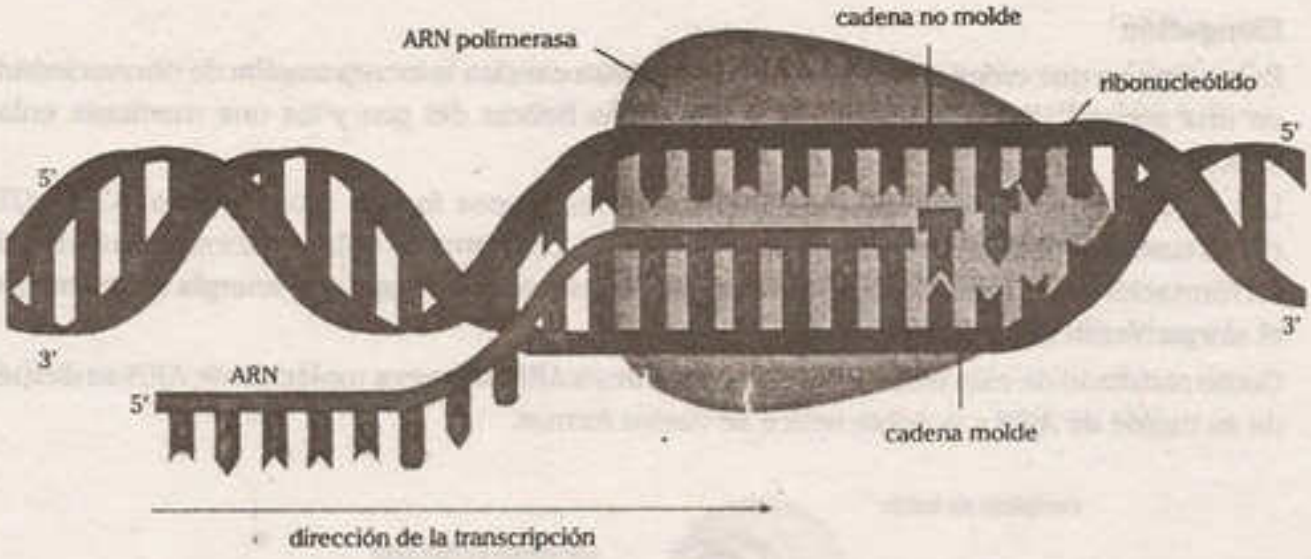
4.1. ETAPAS DE LA EXPRESIÓN GÉNICA

La expresion génica consiste en la copia de la información genética o secuencia de bases del ADN al ARN en un proceso denominado transcripción. Esta copia de ARN es la que proporciona la información usada para su traducción en una proteína con una secuencia específica de aminoácidos.



4.1.1. Transcripción

La primera etapa en la expresión génica es la transcripción de una secuencia de nucleótidos de ADN presente en los gen, en una secuencia de nucleótidos de ARN. Este proceso es catalizado por enzimas ARN polimerasas.



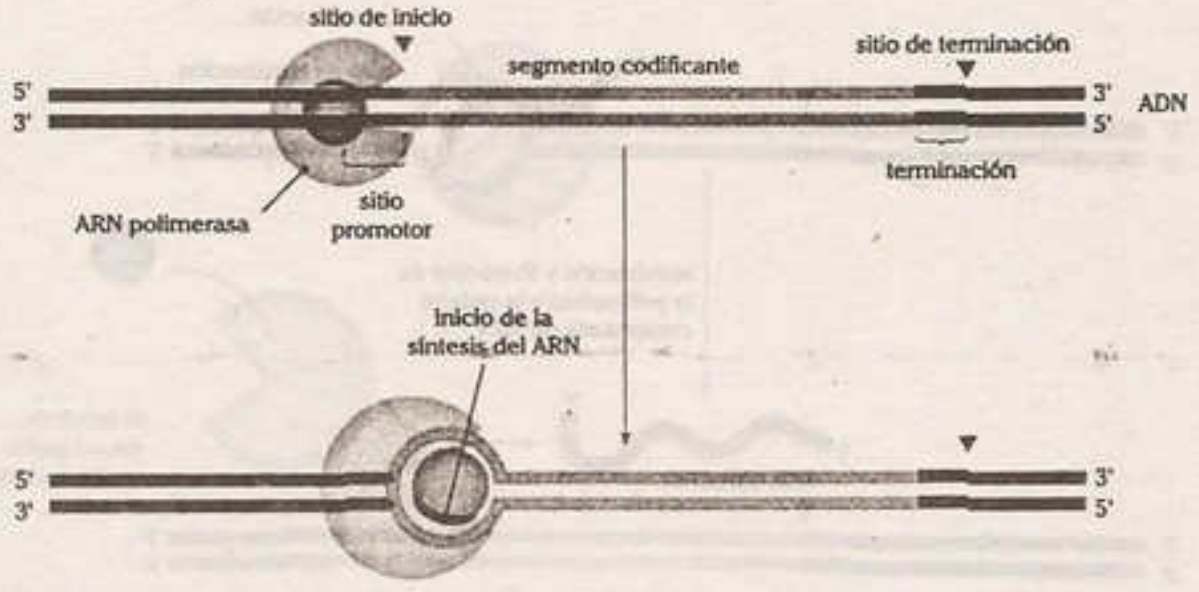
Investigaciones recientes acerca del genoma humano han determinado que alrededor del 80% de nuestro genoma es expresado; no obstante, solo el 2% es codificante para polipéptidos, el resto de genes son transcritos para producir las diferentes clases de moléculas de ARN.

a. Fases de la transcripción

Las ARN polimerasas catalizan la síntesis de ARN uniendo nucleótidos usando como plantilla una de las hebras del ADN como molde o plantilla.

- **Iniciación**

  La enzima ARN polimerasa reconoce un lugar del gen denominado el sitio promotor con una secuencia corta de bases ricas en A y T, y se une a ella mediante factores de transcripción, formando el complejo de inicio de la transcripción. Una vez que la enzima ARN polimerasa se fija con firmeza al sitio promotor, las dos cadenas de ADN se desarrollan y la enzima comienza a transcribir la cadena molde.

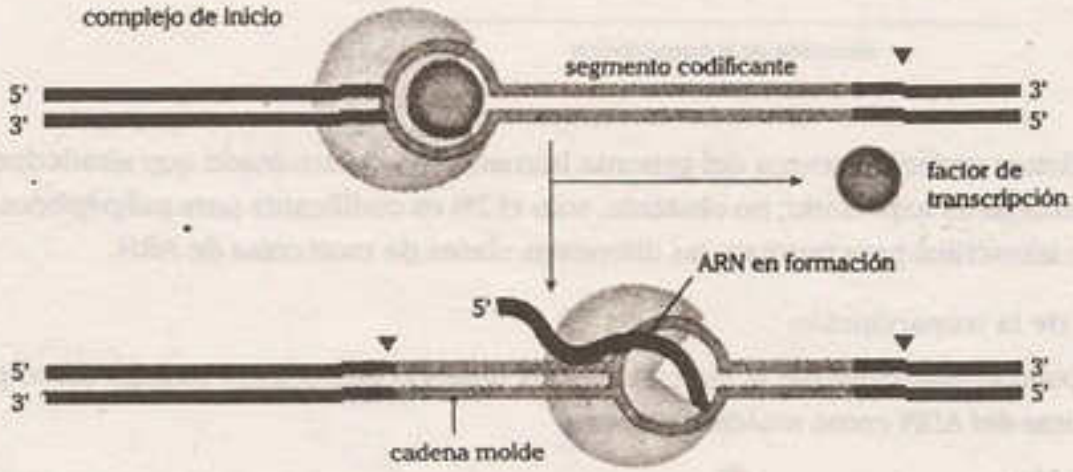


- **Elongación**

  Es la etapa en que crece el ARN. La ARN polimerasa cataliza la incorporación de ribonucleótidos en una secuencia complementaria a una de las hebras del gen y las une mediante enlace fosfodiéster.

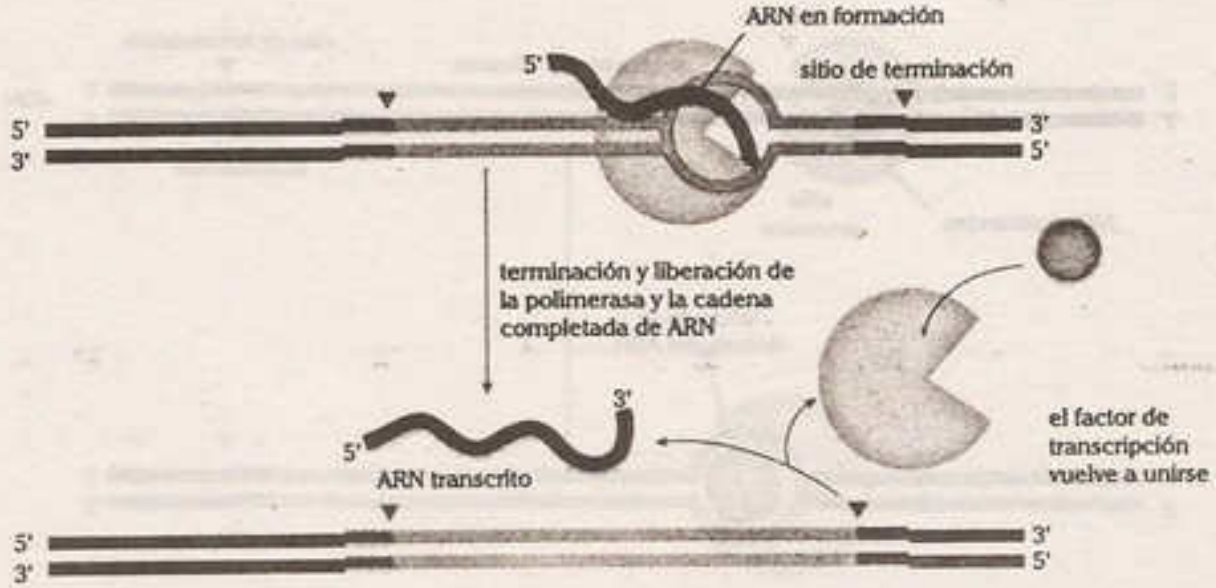
  Las ARN polimerasas utilizan nucleótidos con tres grupos fosfato (por ejemplo, ATP y GTP) como sustratos para la reacción de polimerización, conforme se enlazan al extremo 3' del ARN en formación se eliminan dos de los fosfatos. Estas reacciones aportan energía suficiente para el alargamiento de la cadena.

  Como resultado de esta onda progresiva de síntesis ARN, la nueva molécula de ARN se despega de su molde de ARN y la doble hélice se vuelve formar.



- **Terminación**

  El proceso culmina cuando la enzima ARN polimerasa reconoce una región específica del ADN rico en guanina y citosina. EL ARN elaborado se separa del ADN, ya que los puentes de hidrógeno establecidos entre ellos son inestables y permiten que todo el ADN recupere su conformación doble hélice.



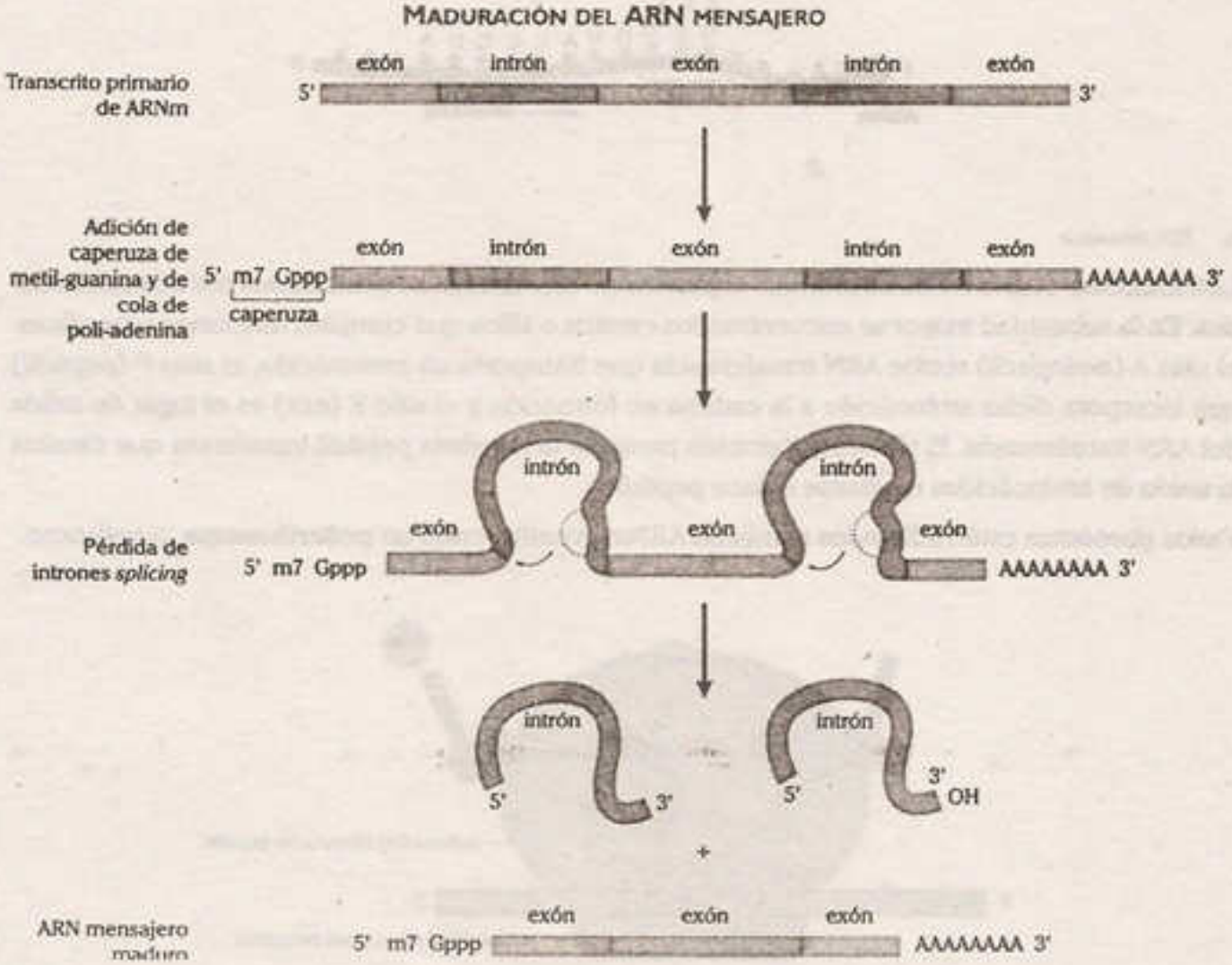
A menudo, muchas polimerasas transcriben determinada región de un gen al mismo tiempo, de modo que se producen muchas nuevas cadenas de ARN con rapidez

Ademas, los estudios han mostrado que en las células eucariotas, durante el *splicing*, los exones conservados del ARN mensajero se empalman en distintas combinaciones, por lo cual un solo gen puede producir diferentes polipéptidos.

b. Modificaciones postranscripcionales

Finalizando la transcripción en células eucariotas, antes de salir del núcleo, el ARNm requiere la adición de un casquete o caperuza de metilguanosina en el extremo 5' para favorecer su unión al ribosoma. También se agrega una cola de 50 a 300 adeninas en el extremo 3' del nuevo ARN mensajero, de allí su nombre colo poli A.

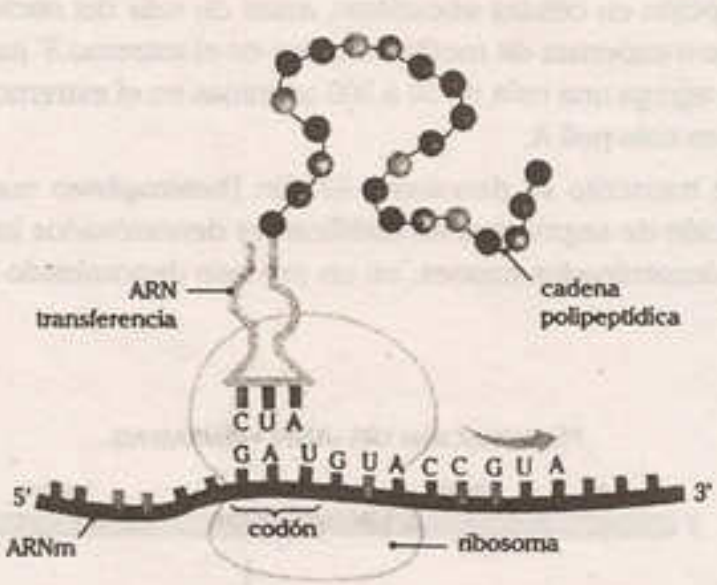
El ARN recientemente transcrito se denomina ARNhn (heterogéneo nuclear) y su maduración consiste en la eliminación de segmentos no codificantes denominados intrones y el empalme de segmentos restantes, denominados exones, en un proceso denominado *splicing*, formando ARN mensajero.



4.1.2. Traducción

Es el proceso en el que se sintetiza proteínas con una secuencia de aminoácidos determinada por la secuencia de codones presente en el ARN mensajero.

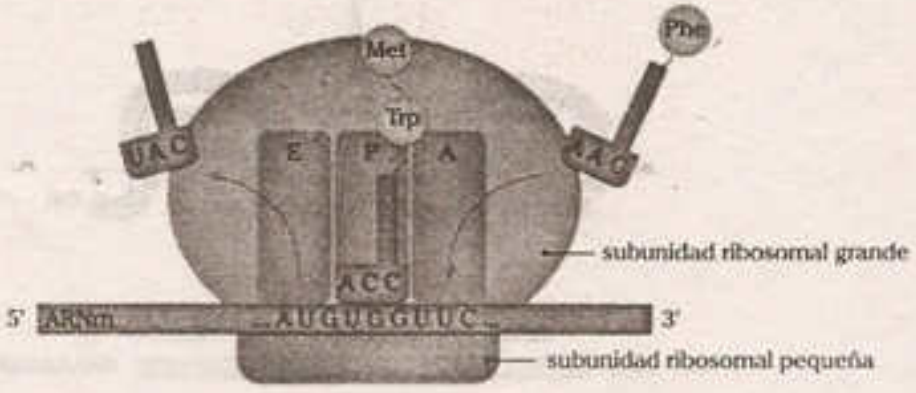
Este proceso se lleva a cabo en los ribosomas y se denomina traducción porque implica la conversión del "lenguaje de ácido nucleico" de la molécula de ARNm al "lenguaje de aminoácido" de la proteína, tomando en cuenta la relación de correspondencia entre codón y aminoácidos establecida en el código genético.



a. Ribosoma

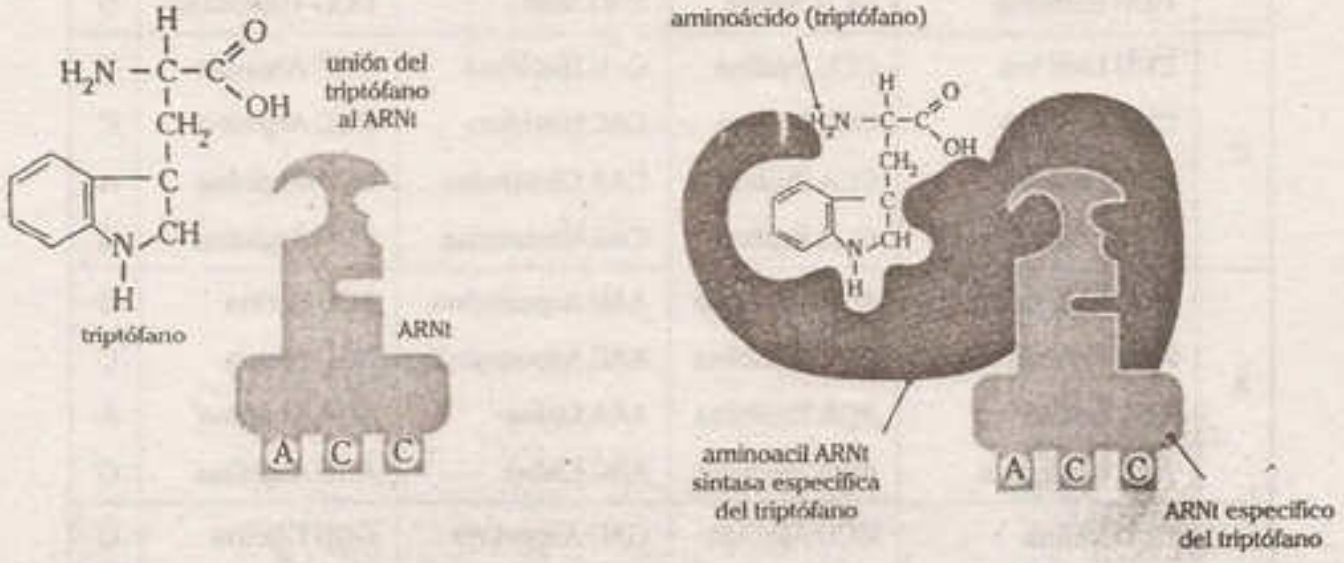
La traducción ocurre en los ribosomas, organelos no membranosos constituidos por dos subunidades. En la subunidad mayor se encuentran los centros o sitios que cumplen funciones específicas: el sitio A (aminoacil) recibe ARN transferencia que transporta un aminoácido, el sitio P (peptidil) que incorpora dicho aminoácido a la cadena en formación y el sitio E (exit) es el lugar de salida del ARN transferencia. El ribosoma también presenta la ribozima peptidil transferasa que cataliza la unión de aminoácidos mediante enlace peptídico.

Varios ribosomas están adheridos al mismo ARNm constituyendo un **polirribosoma**, o *polisoma*.



b. ARN transferencia (ARNt)

Para dar inicio la traducción, se require que los aminoácidos se unan al ARNt en un proceso catalizado por la enzima aminoacil-ARNt sintetasa, que require energía proveniente del ATP y Mg^{+2} como activador enzimático. El rol del ARNt es transportar aminoácidos a los ribosomas y posee un triplete de bases denominado anticodón que le permite aparearse con los tripletes de bases del ARN mensajero.



c. Código genético

En la traducción de las instrucciones genéticas para formar un polipéptido, cada secuencia de tres bases nucleótidas consecutivas en el ARNm, denominada codón, especifica un aminoácido. A las asignaciones de los codones para aminoácidos y a las señales de inicio y de parada del proceso, se les conoce en conjunto como el código genético.

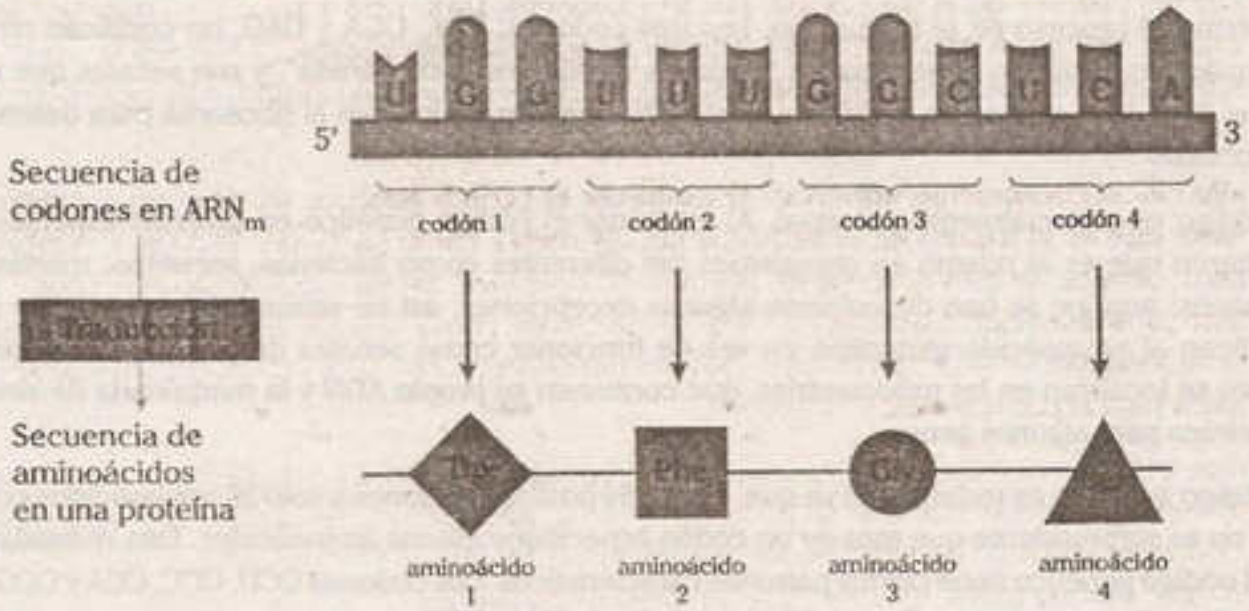


TABLA DEL CÓDIGO GENÉTICO

	U	C	A	G	
U	UUU Fenilalanina	UCU Serina	UAU Tirosina	UGU Cisteína	U
	UUC Fenilalanina	UCC Serina	UAC Tirosina	UGC Cisteína	C
	UUA Leucina	UCA Serina	UAA Stop	UGA Stop	A
	UUG Leucina	UCG Serina	UAG Stop	UGG Triptófano	G
C	CUU Leucina	CCU Prolina	CAU Histidina	CGU Arginina	U
	CUC Leucina	CCC Prolina	CAC Histidina	CGC Arginina	C
	CUA Leucina	CCA Prolina	CAA Glutamina	CGA Arginina	A
	CUG Leucina	CCG Prolina	CAG Glutamina	CGG Arginina	G
A	AUU Isoleucina	ACU Treonina	AAU Asparagina	AGU Serina	U
	AUC Isoleucina	ACC Treonina	AAC Asparagina	AGC Serina	C
	AUA Isoleucina	ACA Treonina	AAA Lisina	AGA Arginina	A
	AUG Metionina	ACG Treonina	AAG Lisina	AGG Arginina	G
G	GUU Valina	GCU Alanina	GAU Aspartato	GGU Glicina	U
	GUC Valina	GCC Alanina	GAC Aspartato	GGC Glicina	C
	GUA Valina	GCA Alanina	GAA Glutamato	GGA Glicina	A
	GUG Valina	GCG Alanina	GAG Glutamato	GGG Glicina	G

El código genético especifica 64 posibles codones, de los cuales 61 especifican aminoácidos. El codón AUG, denominado "codón de inicio", especifica el aminoácido metionina e indica al ribosoma el inicio del proceso de la traducción. Los tres codones, UAA, UGA y UAG, no codifican ningún aminoácido; estos son denominados "codones de término o de parada", y son señales que marcan el final de la secuencia codificante del ARN mensajero e indican al ribosoma para detener la traducción.

El código es esencialmente universal. Al examinar el código genético en diversas especies encontraron que es el mismo en organismos tan diferentes como bacterias, secuoyas, medusas y humanos; aunque se han descubierto algunas excepciones, así en varios protozoos UAA y UGA codifican al aminoácido glutamina en vez de funcionar como señales de parada. Otras excepciones se localizan en las mitocondrias, que contienen su propio ADN y la maquinaria de síntesis proteínica para algunos genes.

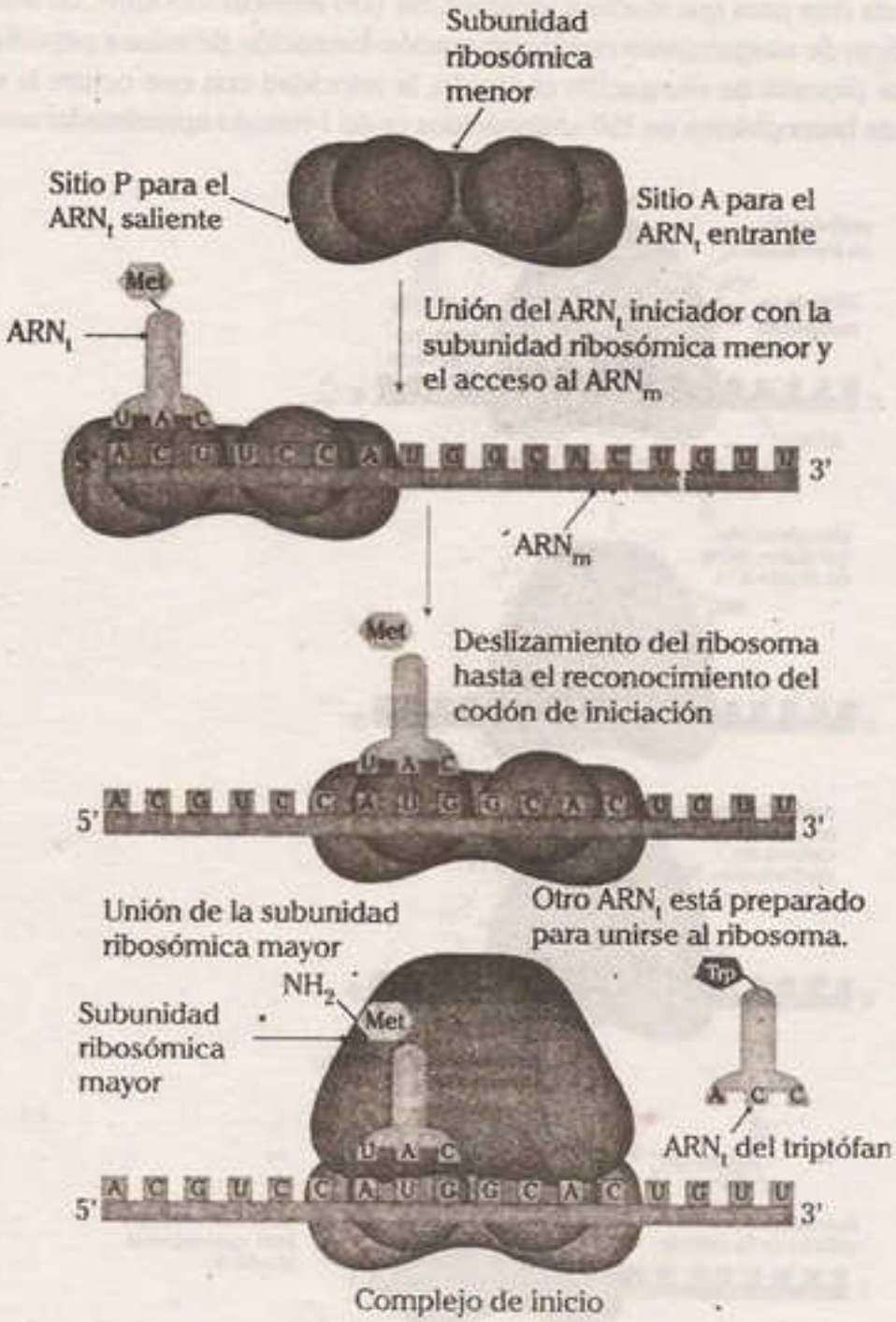
El código genético es redundante ya que, dados 64 posibles codones y solo 20 aminoácidos comunes, no es sorprendente que más de un codón especifique ciertos aminoácidos. Esta redundancia en el código genético tiene ciertos patrones característicos. Los codones CCU, CCC, CCA y CCG son "sinónimos" porque todos ellos codifican el aminoácido prolina.

d. Fases de la traducción

El proceso de síntesis proteínica tiene tres distintas etapas: iniciación, ciclos de elongación repetidos y terminación.

- **Iniciación**

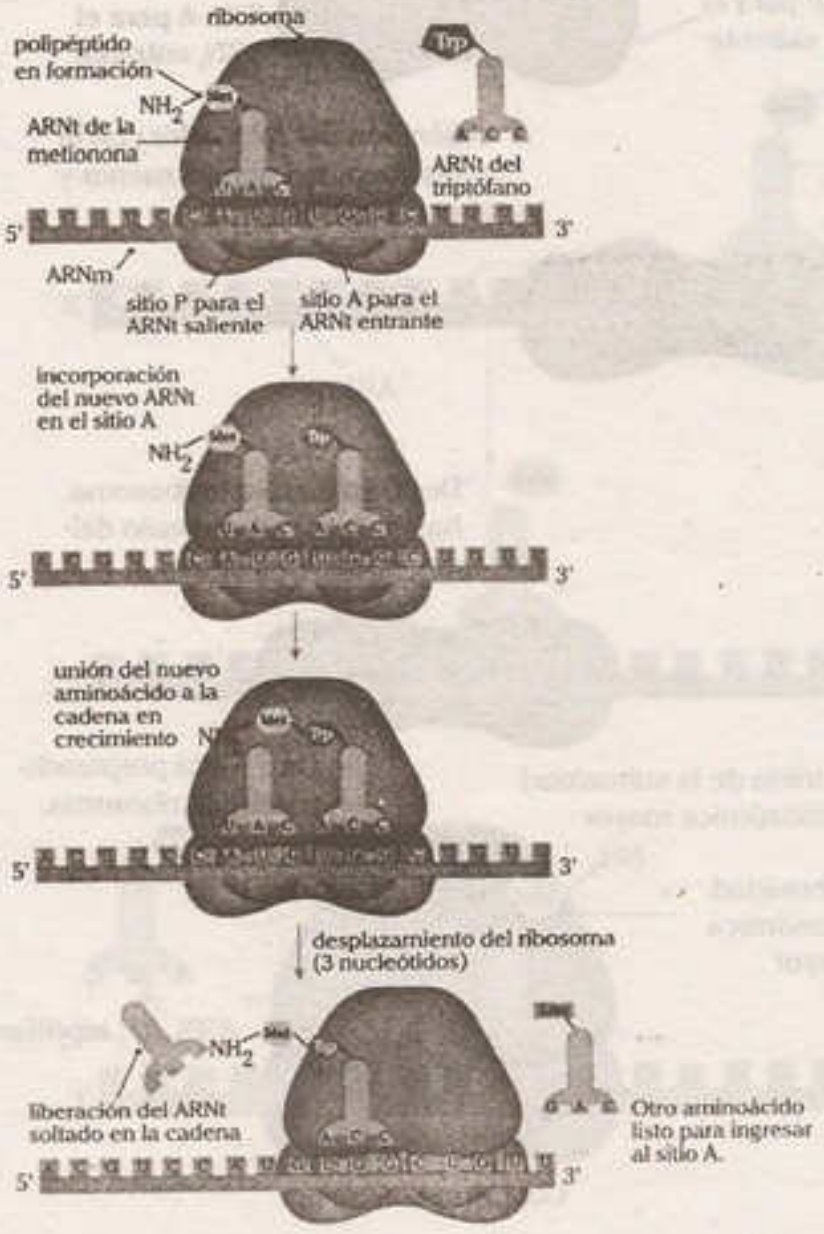
  La iniciación de la síntesis proteínica es esencialmente la misma en todos los organismos. La subunidad ribosómica menor se une a la molécula de ARN mensajero en la región del codón iniciador AUG, luego se incorpora el ARN transferencia con el aminoácido metionina. El "complejo de inicio" se completa con la unión de la subunidad ribosómica mayor. En procariontes, el primer aminoácido incorporado es la formilmetionina.



- **Elongación (alargamiento)**

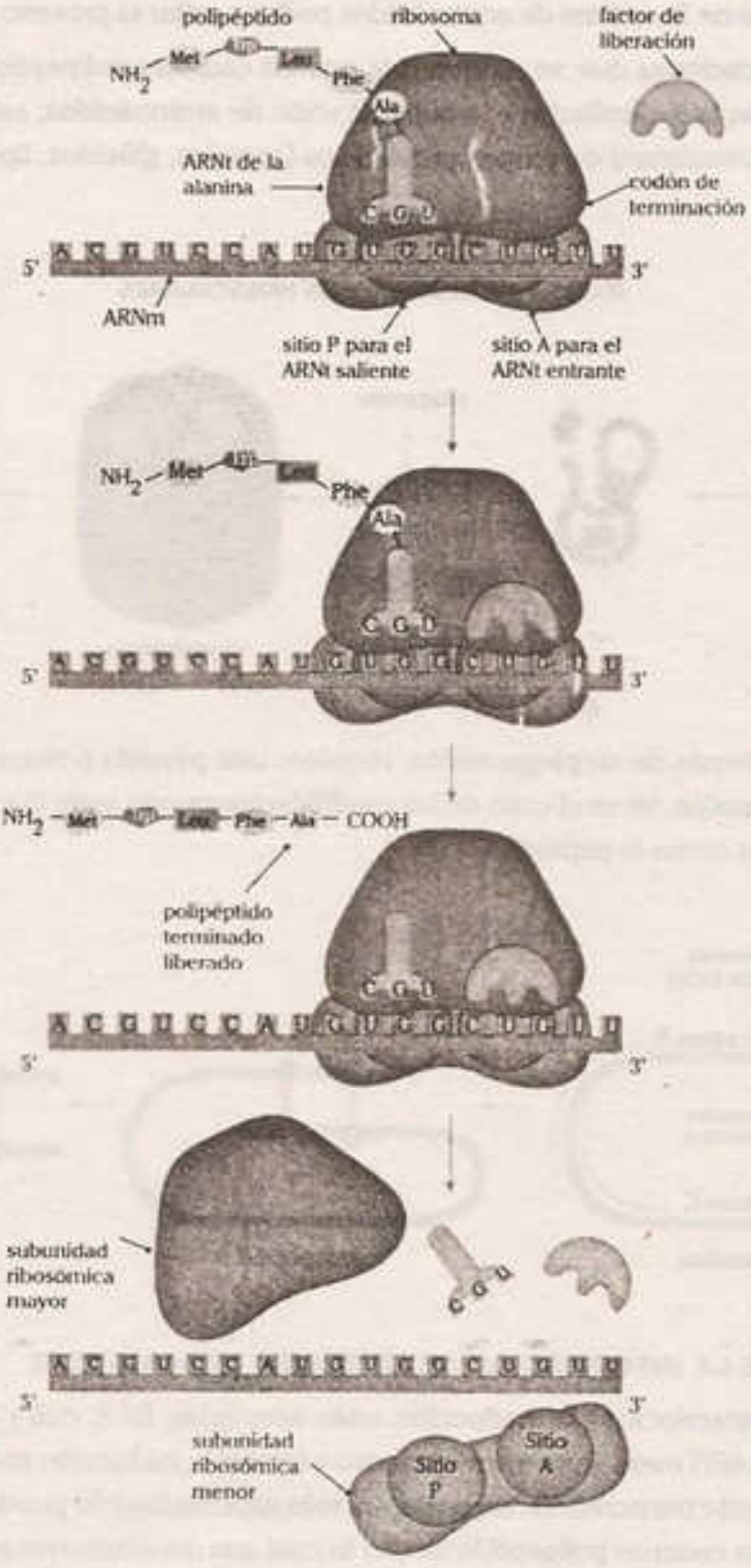
  Consiste en el crecimiento o alargamiento de la cadena peptídica debido a la incorporación de aminoácidos. El crecimiento de la cadena peptídica es gradual y comprende tres pasos:

  - La entrada de un ARNt con un aminoácido al sitio A de la subunidad mayor del ribosoma.
  - La formación del enlace peptídico entre el aminoácido del sitio A y el del sitio P, así como la salida del ARNt que ocupaba el sitio P. La formación de este enlace peptídico es catalizada por la ribozima peptidil-transferasa presente en la subunidad mayor del ribosoma y requiere la energía liberada en la hidrólisis del GTP.
  - La traslocación del ARNt con el dipéptido formado, que pasa del sitio A al sitio P del ribosoma. El sitio A queda libre para que vuelva a incorporarse otro aminoácido-ARNt. De esta manera, se repite el ciclo de alargamiento con incorporación-formación de enlace peptídico y translocación. Este proceso de elongación es rápido, la velocidad con que ocurre la síntesis de una cadena de hemoglobina de 150 aminoácidos es de 1 minuto aproximadamente.



- **Terminación**

  En las células eucarióticas, cuando el ribosoma llega a una señal de alto del ARNm, es decir, reconoce un codón de terminación (UAG, UGA, UAA), conduce a la liberación de la cadena polipeptídica terminada, y todo el complejo de iniciación se disocia, quedando libres el ARNm, el último ARNt y las subunidades 40S y 60S del ribosoma.

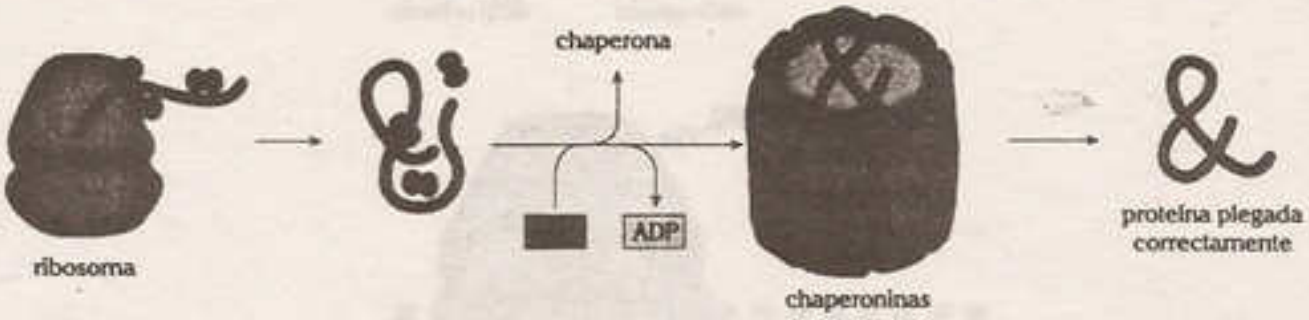


e. Modificaciones postraduccionales

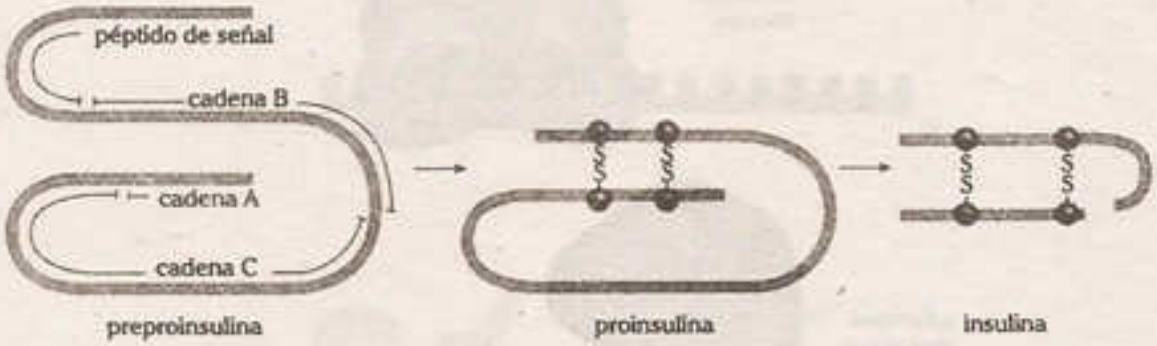
Las proteínas especializadas asociadas a los ribosomas, denominadas **chaperonas moleculares**, apoyan el **plegamiento** de la cadena polipeptídica recien sintetizada en su forma activa tridimensional. La secuencia de aminoácidos en la cadena polipeptídica determina la configuración que finalmente se formará. Sin embargo, sin la ayuda de las chaperonas moleculares, las interacciones entre las diferentes regiones de la cadena de aminoácidos podrían evitar el proceso de plegamiento.

Dentro de las modificaciones que se pueden dar con las cadenas polipeptídicas formadas se encuentran la metilación, la fosforilación y la hidroxilación de aminoácidos; así como la unión a cofactores orgánicos (coenzimas) o a grupos prostéticos (metales, glúcidos, lípidos, etc.).

ACCIÓN DE CHAPERONAS MOLECULARES

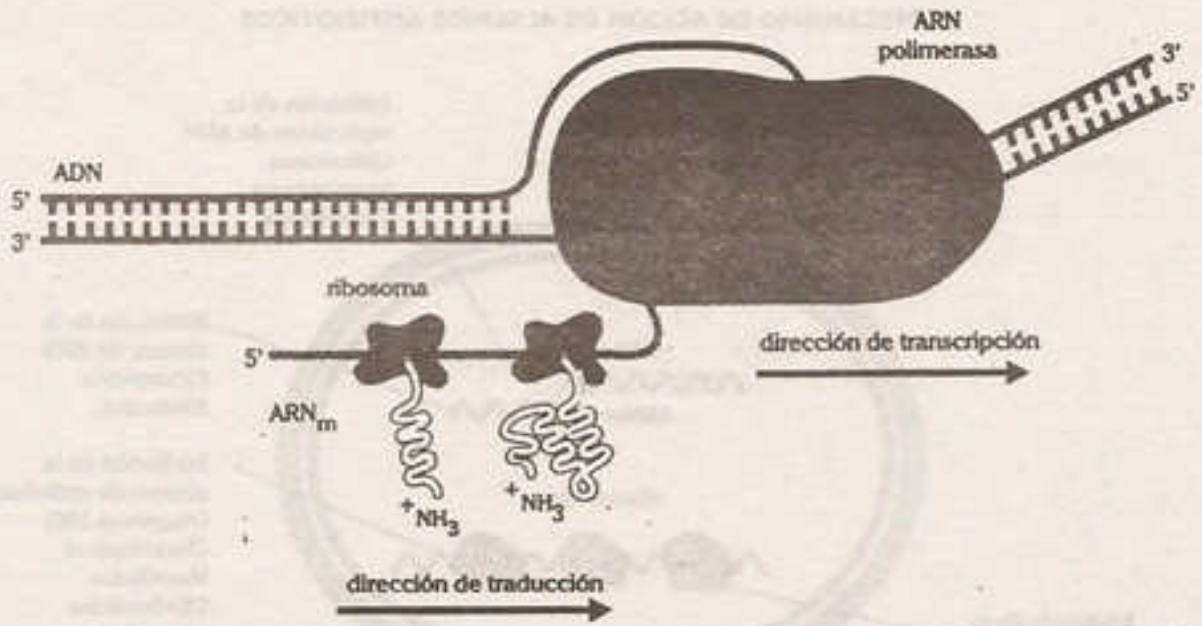


Algunas proteínas además de su plegamiento, requiere una pérdida o reacomodo de segmentos para poder ser funcionales, tal es el caso de las modificaciones que sufre la enzulina o precursores de enzimas digestivas como la pepsima.



4.2. EXPRESIÓN DE LA INFORMACIÓN GENÉTICA EN PROCARIOTAS

En las bacterias, la transcripción y la traducción están acopladas. En E. coli y en otras bacterias, los ribosomas se unen al ARN mensajero en crecimiento e inician la traducción antes que el mensaje del ADN sea completamente transcrito. En bacterias un solo ARN mensajero puede tener la información para sintetizar muchas cadenas polipeptídicas, por lo cual son denominados policistrónicos.



Quizás es más útil definir un gen en términos de su producto: un gen es una secuencia de nucleótidos de ADN que transporta la información necesaria para elaborar un ARN específico o un producto polipeptídico.

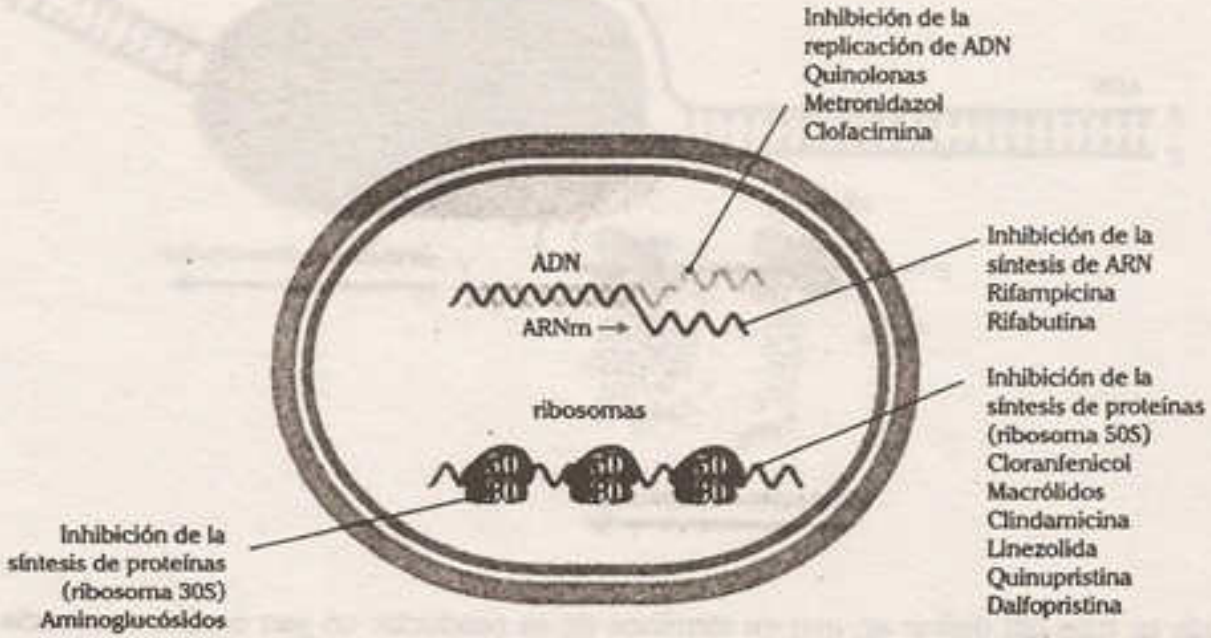
4.3. INHIBIDORES DE LA EXPRESIÓN DE LA INFORMACIÓN GENÉTICA

4.3.1. En procariotas

Muchos antibióticos usados para combatir infecciones bacterianas actúan inactivando la síntesis proteica.

Mecanismo	Antibiótico	Acción
inhibidores de la transcripción	rifampicina	Inactiva el ARN polimerasa, evitando el inicio de la transcripción.
	actinomicina	Bloquea el ADN, evita el inicio de la transcripción.
	ácido nalidíxico	Inactiva la enzima girasa que desenrrolla el ADN y da inicio a la transcripción.
inhibidores de la traducción	tetraciclinas	Bloquean la fijación del ARNt al sitio A del ribosoma.
	cloramfenicol	Bloquea la subunidad 50S, inhibiendo la transferencia del peptido en formación.
	estreptomicina, neomicina, kanamicina	Fijación a la subunidad ribosómica 30S hasta desnaturalizarlo. Causa una lectura errónea del ARNm.

MECANISMO DE ACCIÓN DE ALGUNOS ANTIBIÓTICOS



4.3.2. En eucariotas

Existen algunos venenos que pueden ser ingeridos por el hombre tales como la amanitina proveniente del hongo *Amanita verna* que actúa inactivando a la ARN polimerasa, o la ricina proveniente de la planta higuerilla (*Ricinus communis*) que bloquean la subunidad ribosómica 60S, inactivando el proceso de elongación, afectando la síntesis de proteínas e inclusive ocasionando la muerte.

4.4. ALTERACIÓN DE LA INFORMACIÓN GENETICA

La mutación consiste en cambios en la secuencia de bases en un gen. El tipo más simple de mutación es denominado puntual y ocurre por la inserción, eliminación o sustitución de un par de bases durante la replicación.

	Normal	Sustitución	Inserción	Eliminación
ADN	TACATAAGCGCC	TACGTAAGCGCC	TACAATAAGCGCC	TACTAAGCGCC
ARNm	AUG UAU UCG CGG	AUG CAU UCG CGG	AUG UUA UUC GCG G	AUG AUU CGC GG
Polipeptido	Arg - Tir - Ser - Met	Arg - **His** - Ser - Met	Arg - **His** - **Phe** - **Ala**	Arg - **Ile** - **Arg**

Arg: arginina Ser: serina Hys: histidina Phe: fenilalanina Ile: isoleucina
Tyr: tirosina Met: metionina Leu: leucina Ala: alanina

La mayoría de las mutaciones ocurren de manera espontánea, provienen de errores en la replicación del ADN. Otros son causados por mutágenos, incluyen radiaciones de alta energía como rayos X, gamma, ultravioleta; agentes oxidantes (radicales libres) como los nitritos, peróxidos, y algunos virus.

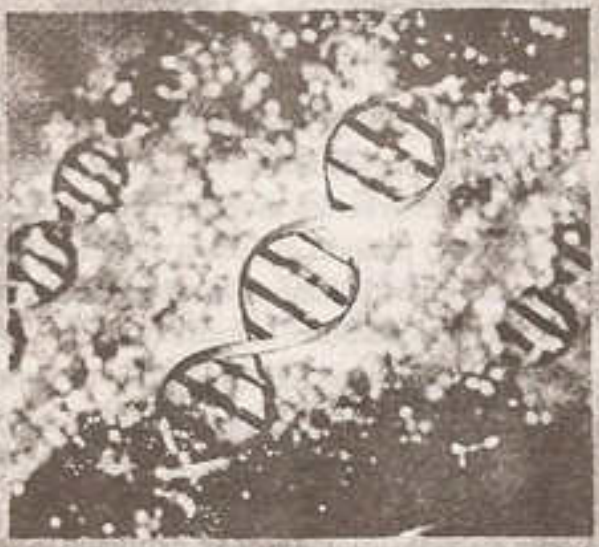
Esta mutación puede causar que el gen alterado sea transcrito como un ARNm alterado, que se puede traducir en una cadena polipeptídica con solo un aminoácido diferente de la secuencia normal. Sin embargo, todos los organismos presentan sistemas de enzimas que reparan ciertos tipos de daños en el ADN.

De acuerdo a sus efectos la mayoría de mutaciones no corregidas pueden ser las siguientes:

- **Silenciosas:** La alteración de la secuencia de bases en el ADN no altera la secuencia de aminoácidos en las proteínas. Se produce cuando la mutación ocurre en una zona que codifica intrones o cuando el codón mutado en el ARN mensajero codifica el mismo aminoácido que el codón original. Estas mutaciones no tienen efecto apreciable en el organismo, ya que la secuencia de aminoácidos, la forma y la unción de la proteína elaborada no se encuentra alterada.
- **Perniciosas:** La alteración de la secuencia de bases en el ADN altera la secuencia de aminoácidos en las proteínas. Se produce cuando la mutación ocurre en una zona que codifica exones y el codón mutado en el ARN mensajero codifica un aminoácido distinto al codón original.

  Cuando estas mutaciones se expresan tienen un amplio rango de efectos pudiendo formar proteínas no funcionales o con funcionalidad reducida, la cual se puede manifestar como enfermedades genéticas, muchas de las cuales son hereditarias, tal es el caso del albinismo, fibrosis quística, fragilidad ósea, etc.
- **Útiles:** Contribuyen a la variabilidad en una población, permitiendo obtener ventajas evolutivas frente al proceso de selección natural.

Concepto del gen



El concepto del gen ha ido variando a lo largo del tiempo, conforme ha avanzado la ciencia que lo estudia, la genética.

Gregor Mendel en sus experimentos propuso la idea original del gen, aunque él no los denominó genes, sino factores, y vendrían a ser los responsables de la transmisión de los caracteres de una generación a la siguiente (lo que ahora denominamos genotipo). El gen mendeliano es una unidad de función, estructura, transmisión, mutación y evolución que se distribuye ordenada y linealmente en los cromosomas.

La palabra *gen* fue acuñada en 1909 por el botánico danés Wilhelm Ludwig Johannsen a partir de una palabra griega que significa 'generar', refiriéndose a la unidad física y funcional de la herencia biológica.

Hacia 1950, se impuso el concepto de gen como la cadena de ADN que dirige la síntesis de una proteína. Este es un concepto que proporciona una naturaleza molecular o estructural al gen. El gen codifica proteínas y debe tener una estructura definida por el orden lineal de sus tripletes o codones.

Más tarde surge el concepto de gen como lo que actualmente se llama un cistrón: la cadena de ADN capaz de dirigir la síntesis de un ARNm que codifica para un polipéptido (dogma central de la biología molecular). Este concepto surge al comprobar que la mayoría de las proteínas están formadas por más de una cadena polipeptídica y que cada una de ellas está codificada por un gen diferente.

Actualmente se sabe que algunos genes codifican más de un polipéptido y que una proteína puede ser codificada por el conjunto de diferentes genes. La existencia de genes solapantes y el procesamiento alternativo rebaten la hipótesis de un gen – un polipéptido.

Además existen algunos genes que no codifican proteínas sino ARN con función propia (ARN transferentes y ARN ribosómicos, por ejemplo) y que no se traducen, por lo que no es necesaria la traducción para que un gen tenga una función determinada.

Adaptado de <https://www.uaz.edu.mx>.

Preguntas resueltas

Pregunta 1

El segmento de ADN cuya secuencia de bases constituye una unidad de información genética se denomina

A) cromosoma.
B) ARN mensajero.
C) gen.
D) codón.
E) anticodón.

Resolución

Según el concepto clásico, el gen es un segmento de ADN que constituye la unidad de información hereditaria o unidad de almacenamiento de información genética. Dicha información se encuentra almacenada como la secuencia de bases que presenta dicho gen.

Clave C

Pregunta 2

La expresión de la información genética ocurre mediante la síntesis de proteínas, el cual ocurre mediante dos procesos consecutivos que son

A) replicación y transcripción.
B) replicación y traducción.
C) replicación y transformación.
D) transcripción y traducción.
E) traducción y transducción.

Resolución

La síntesis de proteínas requiere dos procesos consecutivos en eucariotas y simultáneos en procariotas: transcripción de la información genética del ADN al ARN mensajero y la traducción de dicha información en una proteína con una secuencia de aminoácidos determinada por la secuencia de bases presente en el gen.

Clave D

Pregunta 3

¿Cómo se puede explicar que, a pesar de tener un origen común y la misma información genética, las células de nuestro organismo poseen distintas funciones?

A) Todas las células poseen diferente información genética.
B) Los aminoácidos usados por cada célula son distintos.
C) Algunas células tienen más genes que otras.
D) Los genes activos en una célula pueden estar inactivos en otras.
E) Todas las células tienen los mismos genes.

Resolución

A pesar que las células de nuestro organismo son genéticamente idénticas, la pluralidad de formas y funciones se debe a la activación diferencial de algunos genes y la inactivación de otras. Así, si bien las neuronas y los leucocitos tienen la misma información genética, algunos genes activos en neuronas son inactivos en leucocitos.

Clave D

Pregunta 4

Un biólogo inserta un gen de una célula hepática humana en el cromosoma de una bacteria. La bacteria lo transcribe y traduce. La proteína producida es inútil y se descubre que contiene más aminoácidos que la proteína sintetizada por la célula eucarionte. ¿Cuál es la razón?

A) En bacterias, el ADN es de mayor tamaño.
B) En bacterias, no se retiran intrones del ARN transcrito.
C) En bacterias, la transcripción y la traducción son simultáneos.
D) El ADN de las bacterias carece de histonas.
E) Un ARN mensajero es leído por varios ribosomas a la vez.

Lumbreras Editores

Resolución

En las células eucariotas, la transcripción requiere un corte y retiro de segmentos no codificantes denominados intrones, y el posterior empalme de segmentos codificantes denominados exones. Sin embargo, las bacterias no realizan este proceso de corte y empalme, por lo cual el ARN formado es de mayor tamaño y es traducido a proteínas no funcionales.

Clave B

Pregunta 5

Previo a la división celular se requiere la replicación del material genético. Esta replicación requiere la síntesis unión de desoxirribonucleótidos mediante enlace fosfodiéster en un proceso catalizado por la enzima

A) topoisomerasa.
B) helicasa.
C) ADN polimerasa.
D) primasa.
E) fragmentos de Okazaki.

Resolución

La enzima ADN polimerasa cataliza la síntesis de la nueva cadena de ADN usando como molde patrón una de las cadenas del ADN patrón u original. Esta nueva cadena se sintetiza uniendo mediante enlace fosfodiéster a los desoxirribonucleótidos en sentido 5' → 3'.

Clave C

Pregunta 6

Suponga que se mezclan los siguientes componentes de síntesis proteínicas en un tubo de prueba: aminoácidos de un conejo; ribosomas de un perro; ARNt de un ratón; ARNm de un chimpancé; y enzimas necesarias más una fuente de energía de una jirafa. Si ocurre la síntesis proteínica, ¿la proteína de qué animal será elaborada?

A) conejo B) perro C) ratón
D) chimpancé E) jirafa

Resolución

Las instrucciones para la síntesis de una proteína con una secuencia de aminoácidos determinada está codificada como una secuencia de bases en el gen que dirige su formación. En células eucariotas, debido a que el ADN no se dirige al citoplasma, la molécula en quien se copia dicha información y puede salir al citoplasma para dirigir la síntesis de dicha proteína es el ARN mensajero. En el caso, si el ARN mensajero es del chimpancé, se formará proteínas de chimpancé.

Clave D

Pregunta 7

En un organismo eucarionte, la estructura de un gen consta de exones e intrones. Al respecto, es correcto afirmar que la proteína sintetizada por este gen

I. es codificada solo por los exones.
II. es codificada por los exones e intrones.
III. tiene más aminoácidos que tripletes de bases el ARN transcrito originalmente.

A) solo I
B) solo II
C) solo III
D) I y III
E) II y III

Resolución

En un organismo eucarionte, el ARN transcrito inicial requiere la pérdida de segmentos no codificantes denominados intrones, y los segmentos codificantes denominados exones se empalman para formar el ARN mensajero maduro.

Debido a esto, el número de aminoácidos en la proteína será más pequeña que el número de tripletes presente en el ARN mensajero transcrito original.

Clave A

Pregunta 8

El orden de aminoácidos de una proteína es traducido en los ribosomas a partir de la

A) secuencia de bases en un segmento de ADN denominado gen.
B) secuencia de codones del ARN mensajero.
C) secuencia de anticodones en el ARN transferencia.
D) secuencia de bases en el ARN ribosómico.
E) llegada aleatoria del ARN transferencia.

Resolución

La secuencia de aminoácidos de una proteína depende directamente de la secuencia de codones legibles en el ARN mensajero, esta a su vez depende de la secuencia de bases del gen, a partir de la cual fue transcrita.

Clave B

Pregunta 9

Algunas enfermedades hereditarias manifiestan alteración de la secuencia de aminoácidos en alguna proteína, lo cual puede ser consecuencia de

A) desnaturalización proteica.
B) hidrólisis de proteínas.
C) mutaciones génicas.
D) variación de la temperatura.
E) variación del *p*H.

Resolución

La secuencia de aminoácidos de una proteína depende fundamentalmente de la secuencia de bases presente en la secuencia de bases del gen que la codifica, de tal manera que cualquier mutación o alteración de dicho gen podría tener como consecuencia a enfermedades genéticas con formación de proteínas anormales.

Clave C

Pregunta 10

La cicloheximida es un inhibidor de la síntesis proteica en organismos eucariotas, actúa interfiriendo la actividad de la peptidil transferasa en los ribosomas. Dado los importantes efectos tóxicos, es usada solamente en investigaciones in vitro, y no es apta para su uso en humanos como antibiótico. El impacto directo a nivel celular consiste en impedir

A) el inicio de la transcripción.
B) el inicio de la traducción.
C) la unión de aminoácidos.
D) el inicio de la replicación del ADN.
E) la maduración del ARN mensajero.

Resolución

La peptidil transferasa es una ribozima o ARN con función catalítica que constituye la subunidad mayor de los ribosomas y catalizan la unión de aminoácidos mediante enlace peptídico durante la síntesis de proteínas.

Clave C

LUMBRERAS EDITORES

Preguntas propuestas

1. ¿Qué estructura celular contiene el material genético?

   A) ribosomas
   B) nucleolo
   C) cromosoma
   D) citoplasma
   E) membrana celular

2. La base de las enfermedades genéticas puntuales es la

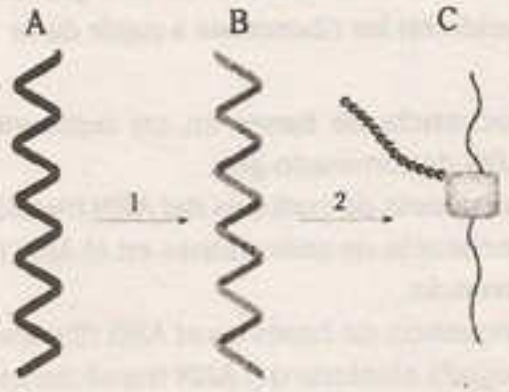
   A) alteración de la estructura del cromosoma.
   B) alteración del número cromosómico.
   C) expresión de genes mutados.
   D) replicación del ADN.
   E) expresión de los genes normales.

3. El modelo semiconservativo de la replicación del ADN fue planteado por ..... y demostrado experimentalmente por .....

   A) Rosalin Franklin y E. Chargaff - Mehselson y Stahl.
   B) Rosalin Franklin y E. Chargaff - Watson y Crick.
   C) Watson y Crick - Mehselson y Stahl.
   D) Mehselson y Stahl - Watson y Crick.
   E) Mehselson y Stahl - Rosalin Franklin.

Respecto a la siguiente información, responda las preguntas 4 y 5.

La manifestación de algunos caracteres en el individuo, requiere la expresión de la información genética, la cual ocurre en dos pasos de gran importancia, según la siguiente imagen:



4. En la imagen, los eventos 1 y 2 corresponden, respectivamente, a

   A) replicación y transcripción.
   B) traducción y transcripción.
   C) transcripción y traducción.
   D) transcripción y replicación.
   E) traducción y replicación.

5. Nuestras células necesitan adquirir algunos aminoácidos como la leucina y la fenilalanina a partir de los alimentos consumidos por el organismo, ya que son incapaces de sintetizarlos. Teniendo en cuenta la imagen anterior si una persona no consume estos dos aminoácidos el proceso de formación de una proteína que los requiera se vería afectado a nivel del

   A) paso 2, porque el ADN no se transcribe en ARN de transferencia.
   B) paso 1, porque la proteína no se puede modificar ni empaquetar.
   C) paso 2, porque el ARN mensajero no se puede traducir en proteínas.
   D) paso 1, porque la proteína no se puede transcribir a partir del ARN.
   E) paso 3, por que las proteínas formadas no se podrían secretar.

6. Al comenzar la síntesis de una molécula de ARN, la ARN polimerasa reconoce y se une a una región del ADN denominada

A) templado.
B) promotor.
C) operón.
D) intrón.
E) exón.

7. La enzima ARN polimerasa cataliza la síntesis de ARN, una alteración de esta enzima afectaría el proceso de

A) traducción.
B) replicación.
C) transcripción.
D) reparación del ADN.
E) corte de intrones y empalme de exones.

8. Respecto a las mutaciones, indique los enunciados correctos.

I. Siempre producen proteínas anormales.
II. Son la base de las enfermedades genéticas.
III. Pueden ser causadas por agentes oxidantes.

A) solo I B) I y II C) I y III
D) II y III E) I, II y III

9. Los retrovirus y los retrotransposones realizan el proceso de transcripción inversa, lo cual significa que la transferencia de información sigue el sentido de

A) ADN → ARN
B) ARN → proteína
C) ADN → proteína
D) proteína → ARN
E) ARN → ADN

10. Si en una célula se inhibe la transcripción y al cabo de unas horas, sus componentes moleculares se comparan con los de una célula intacta, se constatará que la primera tendrá una menor cantidad de

I. ARNt.
II. ARNm.
III. proteínas.

A) solo I B) solo II C) solo III
D) II y III E) I, II y III

11. ¿Qué modificaciones postranscripcionales ocurren en la síntesis de proteínas en eucariotas?

A) pérdida de intrones
B) adquisición de la conformación final de proteínas
C) pérdida de exones
D) lectura de codones
E) glicosilación de proteínas

Respecto a la siguiente información, responda las preguntas 12 y 13.

La oxitocina es una hormona hipotalámica que participa en la contracción uterina durante el parto, está constituida por 9 aminoácidos y se obtiene por fragmentación a partir de un polipéptido de 121 aminoácidos.

12. El gen que dirige la síntesis del polipéptido precursor de oxitocina

A) está constituida por 363 aminoácidos.
B) posee una secuencia con más de 363 bases nitrogenadas.
C) está constituida por 121 bases nitrogenadas.
D) está constituida por 121 aminoácidos.
E) se puede encontrar en el citosol.

Lumbreras Editores

13. La región del ARNm traducida para la síntesis del precursor de oxitocina posee

A) 122 codones.
B) 121 codones.
C) 9 codones.
D) 10 codones.
E) 121 anticodones.

14. El plegamiento que por lo general experimentan las proteínas recién formadas para adquirir su conformacion natural, en ocasiones requiere la ayuda de proteínas de ensamble denominadas

A) globulares.
B) fibrosas.
C) transportadoras.
D) lipoproteínas.
E) chaperonas.

15. El ARN mensajero procariótico se denomina policistrónico, porque

A) transcribe de varios ADN.
B) transcribe numerosos genes.
C) transcribe un solo gen.
D) es traducido por varios ribosomas.
E) es traducido por solo un ribosoma.

Respecto a la siguiente información, responda las preguntas 16 y 17.

Las tetraciclinas son antibióticos bactericidas de amplio espectro, activos contra muchas bacterias gram positivas y negativas, espiroquetas y rickettsias. El mecanismo de este antibiótico consiste en el bloqueo de la unión del ARN de transferencia a la subunidad mayor del ribosoma bacteriano.

16. La subunidad mayor del ribosoma corresponde a

A) 30S. B) 50S. C) 60S.
D) 70S. E) 80S.

17. La acción de la tetraciclina bloquea el proceso de

A) transcripción.
B) replicación.
C) traducción.
D) transducción.
E) crecimiento celular.

18. Respecto a la alteración de la información genética, indique lo correcto .

I. Son causadas por radiaciones de alta energía, virus o agentes oxidantes.
II. Se sintetizan proteínas que no funcionan correctamente o fallan.
III. Toda mutación genera una enfermedad hereditaria.

A) solo I B) I y II C) I y III
D) II y III E) I, II y III

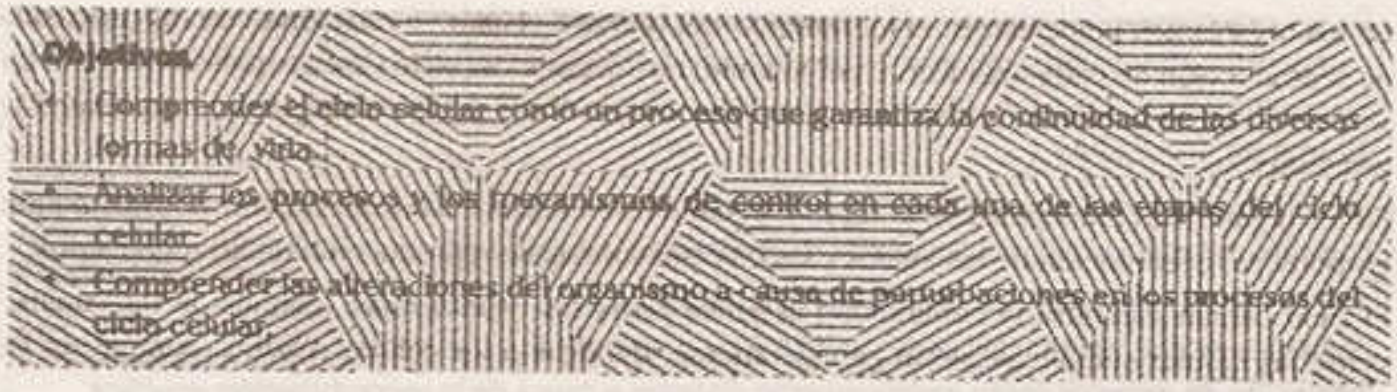
19. La sustitución de una base por otra en un gen estructural no implica necesariamente el cambio de la secuencia de aminoácidos en la proteína que este codifica. Esto se debe a que

A) el código genético es ambiguo.
B) el código genético es degenerado.
C) existen varios aminoácidos para un codón.
D) el código genético es universal.
E) no se alteró la información genética.

Lumbreras Editores

CAPÍTULO IX

CICLO CELULAR



Introducción

La única forma de obtener una nueva célula es duplicar una ya existente. Este simple hecho, constituye un profundo mensaje sobre la continuidad de la vida. Desde el origen de la vida hace más de tres mil millones de años, todos los organismos vivos, desde las bacterias hasta los mamíferos, son el resultado de repetidas rondas de crecimiento y división celular.

Actualmente, la vida útil de un organismo, desde el nacimiento hasta la muerte, está íntimamente ligada a la división celular: un proceso mediante el cual una célula madre duplica su material genético y luego se divide en dos células similares. La división celular juega un papel importante en el crecimiento y reparación de tejidos en organismos multicelulares, así como en la reproducción de todos los organismos.

La compresión del ciclo de vida celular ha permitido explicar enfermedades como el cáncer. Hoy se sabe que el cáncer es el resultado de divisiones celulares irregulares, por el cual, las células cancerígenas se dividen cuando no deberían, no dejan de dividirse y no mueren cuando deben. Estas células cancerígenas ni se ven ni actúan como las células normales desde las cuales se originan, debido a mutaciones o alteraciones en los genes de las células afectadas involucradas con el control de la división celular.

Otro campo de investigación asociado al ciclo celular corresponde a la tecnología del cultivo de células madre como una forma de tratamiento de algunas enfermedades, ya que además de su alta tasa de división celular, aquellas pueden diferenciarse en otros tipos celulares y ser capaces de colonizar y restablecer el funcionamiento de tejidos dañados, como el nervioso y el muscular; aunque en la actualidad todavía se encuentra en fase experimental.

1▸ Definición

Una célula se reproduce llevando a cabo una secuencia ordenada de acontecimientos en los que duplica su contenido y luego se divide en dos. Este ciclo de duplicación y división es denominado ciclo celular.

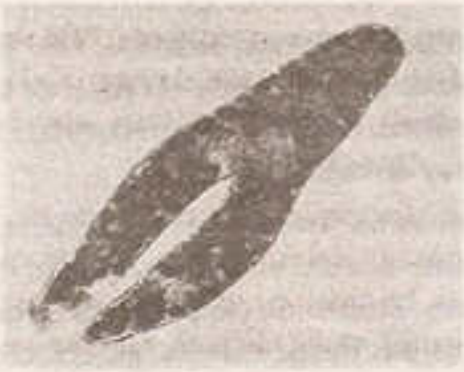
2▸ Importancia

La continuidad morfológica y estructural del ser vivo se garantiza mediante la reproducción celular. En los organismos unicelulares, el incremento del número celular se relaciona con los procesos de reproducción de cada organismo, por lo tanto, forma parte del ciclo vital de cada especie. Esto es posible observar en los procariotas (bacterias y cianofitas), protozoarios, algas unicelulares y levaduras.

En los organismos pluricelulares, la reproducción de las células está implicada en el crecimiento corporal, la regeneración de los tejidos y las diversas formas de reproducción de los organismos.

El ciclo celular garantiza la continuidad genética hacia las células hijas, algunas de las cuales, como las células somáticas, serán genéticamente idénticas a las células madres, aunque en la formación de gametos serán genéticamente distintas a causa de la recombinación genética.

Importancia de la división celular



Crecimiento poblacional de organismos unicelulares mediante división celular.

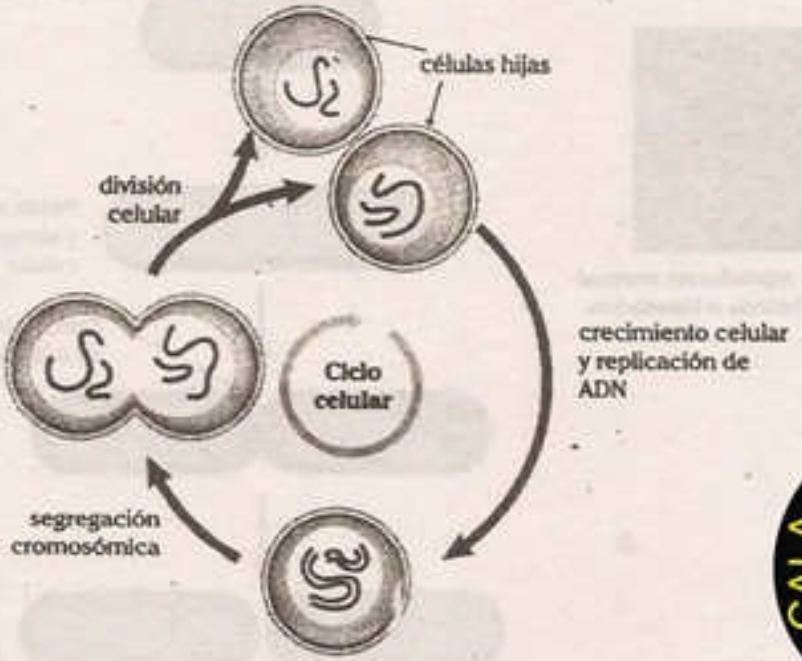
Crecimiento corporal de organismos por aumento de número y tamaño celular

Regeneración de tejidos, órganos e individuos animales y vegetales mediante división celular

3▸ Eventos importantes

Los detalles del ciclo celular varían de un organismo a otro y en los diferentes momentos de la vida de un organismo. Sin embargo, ciertas características son comunes y permiten la transmisión de su información genética a la siguiente generación de células. Para producir dos céluals hijas genéticamente idénticas, el ADN de cada célula hija debe ser replicado fielmente generando dos copias completas y luego los ADN replicados tienen que ser distribuidos (segregados) con exactitud a dos células hijas, de manera que cada una reciba una copia de todo el genoma.

Eventos del ciclo celular



4▸ Ciclo celular procariotico

El estudio del ciclo celular de las células procarióticas se ha llevado a cabo principalmente en bacterias; sin embargo, ocurre de manerá semejante en cianofitas y arqueobacterias.

El ciclo vital de una bacteria como la bacteria intestinal *Escherichia coli* puede realizarse en 30 minutos. Durante la mayor parte de este tiempo, la bacteria absorbe nutrientes de su medio, crece y duplica su ADN. El ciclo procariótico lo podemos dividir en dos etapas:

- **Incremento del volumen celular y duplicación del material genético**

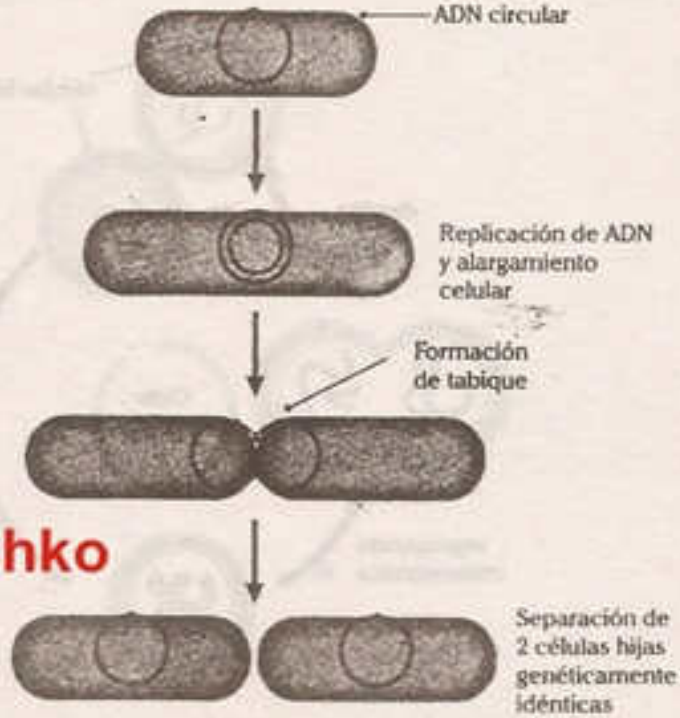
  La célula realiza una intensa actividad sintética, aumenta el grosor de su pared celular y crecen las membranas celulares, principalmente el volumen citoplasmático. En esta etapa se capta una gran cantidad de nutrientes, aumenta el número de ribosomas y se elabora otra gran cantidad de enzimas. Las células en corto tiempo llegan a duplicar su tamaño. El ADN bacteriano constituido esencialmente de una molécula de forma circular cerrada es duplicado por acción del ADN polimerasa. El proceso requiere la fijación del ADN a un pliegue membranoso denominado mesosoma de tabique; posteriormente, se separan las cadenas y se forman nuevas cadenas complementarias, con lo que se origina un nuevo punto de fijación, es decir, un nuevo mesosoma.

- **Fisión binaria amitótica**

  Tan pronto como se duplica el ADN, la bacteria se divide. Inclusive hay bacterias en donde la división se inicia antes de la duplicación del ADN. La membrana citoplasmática de la bacteria, en la zona intermedia a los dos mesosomas, crece hacia su interior, mientras se deposita peptidoglucano progresivamente, esto permite constituir un tabique que finalmente separa la masa citoplasmática en dos células hijas.

FISIÓN BINARIA O BIPARTICIÓN

Las bacterias se reproducen asexualmente por fisión binaria o bipartición.



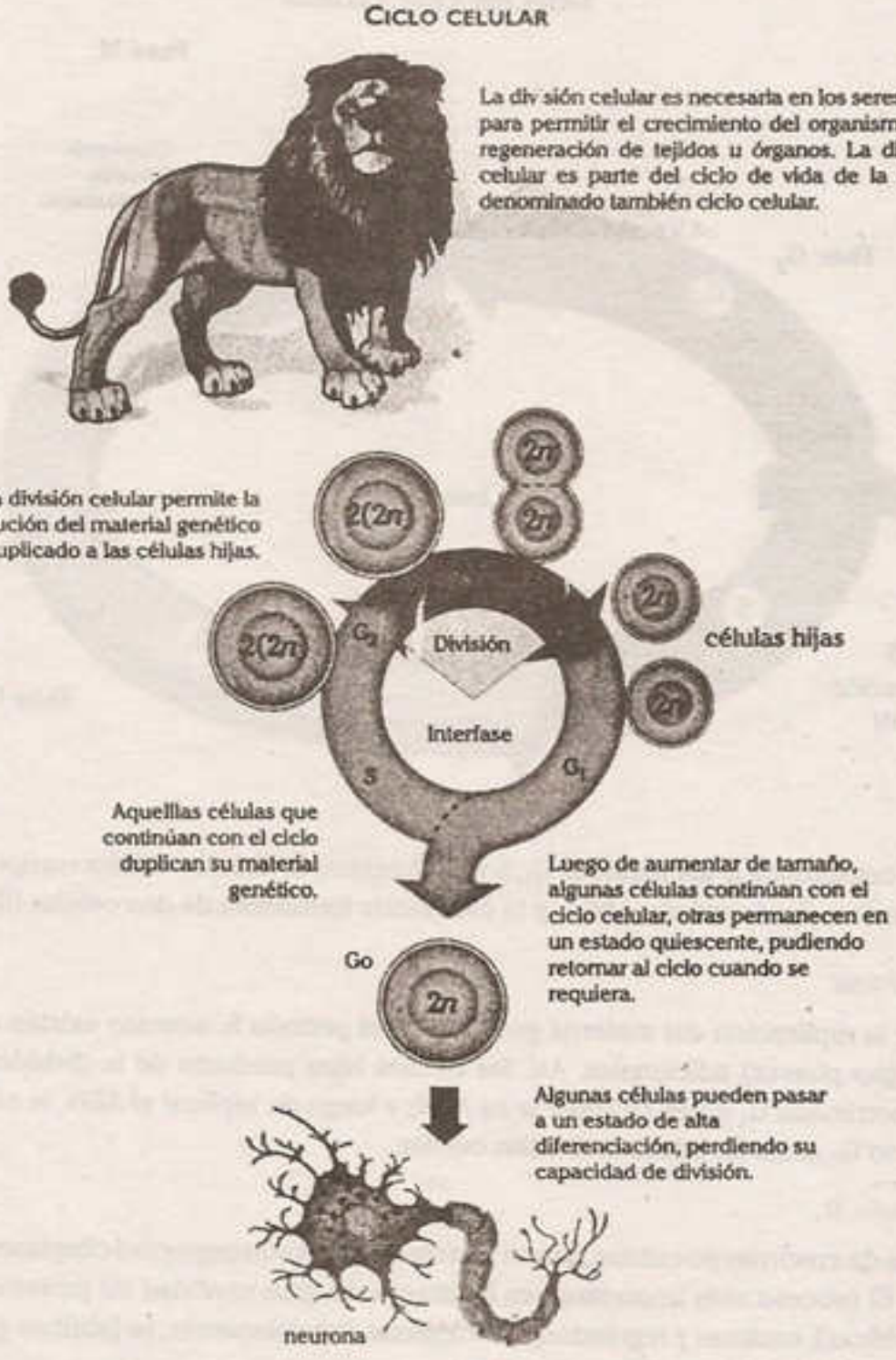
twitter.com/calapenshko

Los factores externos, como las condiciones ambientales y las concentraciones de nutrientes, son señales reproductivas comunes para los procariotas. Algunas bacterias, luego de adaptarse al medio, se pueden dividir cada 30 minutos en condiciones ideales, aumentando su población de forma exponencial; pero cuando los nutrientes en su ambiente se agotan, su población se estabiliza hasta que los desechos acumulados causan la muerte y la reducción de su población.

Curva de crecimiento exponencial

5 ▸ Ciclo celular eucariótico

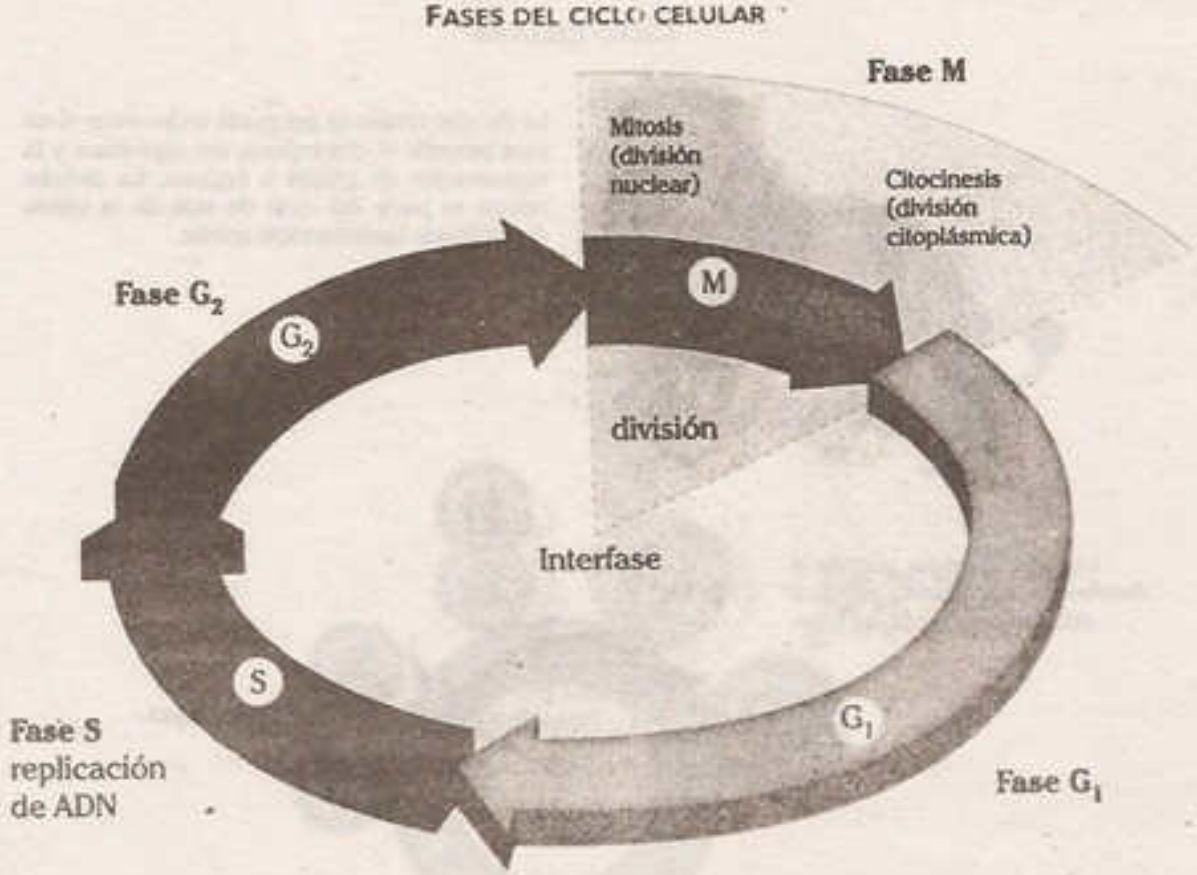
A diferencia de los procariotas, las células eucariotas no se dividen constantemente cuando las condiciones ambientales son adecuadas. De hecho, la mayoría de las células en un organismo multicelular están especializadas y no se dividen. En un organismo eucariótico, las señales para la división celular generalmente no están relacionadas con el entorno de una sola célula, sino con la función de todo el organismo.



Los eventos más importantes del ciclo celular son los siguientes:

- La duplicación exacta del material genético, o replicación del ADN, ocurre en la interfase.
- La segregación de las copias de ADN y la formación de dos células hijas genéticamente idénticas, ambas ocurren durante la división celular.

Estos procesos definen las dos fases principales del ciclo celular eucariótico: interfase y división.



La interfase comprende a los periodos G_1, S y G_2; mientras la división celular comprende a la cariocinesis formadora de dos núcleos hijos y la citocinesis formadora de dos células hijas.

5.1. INTERFASE

Comprende la replicación del material genético en el periodo S, además existen dos etapas preparatorias (gap phases) adicionales. Así, las células hijas producto de la división, crecen en un periodo denominado G_1 antes de replicar su ADN; y luego de replicar el ADN, la célula se prepara en un periodo G_2 antes de iniciar la división celular.

5.1.1. Periodo G_1

Es el periodo de crecimiento celular, ocurre la síntesis de los componentes citoplasmáticos en todos los niveles. El proceso más importante es la síntesis de gran cantidad de proteínas estructurales (citoesqueléticas), enzimas y reguladores fisiológicos. Paralelamente, se fabrican gran cantidad de lípidos, polisacáridos y complejos moleculares.

En este periodo se incrementan las organelas membranosas (mitocondrias, lisosomas, plastos) y no membranosas (ribosomas, microtúbulos, microfilamentos). Como consecuencia, aumenta considerablemente el volumen celular llegando en algunos casos a duplicarse el tamaño inicial de las células, proceso necesario, ya que, de lo contrario, las células hijas se volverían mas pequeñas con cada división.

Diferenciación celular (G_0)

Debido a condiciones externas o señales extracelulares como hormonas y citocinas, las células pueden retrasar su progreso en la fase G_1 e incluso pueden entrar en un estado de reposo especializado denominado G_0, en el cual puede permanecer durante días, semanas o incluso años antes de proliferar. Algunas células entran en proceso de alta diferenciación y se mantienen permanentemente en G_0 hasta que mueren, tal es el caso de células altamente diferenciadas como neuronas, células muscualres, eritrocitos, etc.

Si las condiciones extracelulares son favorables y hay señales para crecer y dividirse, las células en G_0 retoman a G_1 en un punto de restricción. Superado este punto, las células quedan listas para replicar el ADN en la siguiente etapa.

5.1.2. Periodo S

Es el más importante dentro del ciclo celular, durante esta etapa se duplica el material genético (ADN), por lo cual el volumen nuclear se hace considerablemente más grande. Cuando una célula ingresa en este periodo, está dirigida para concluir su interfase y entrar en división celular.

A la duplicación del ADN le sigue la duplicación de proteínas histonas que conforman octámeros en los nucleosomas para la organización de la cromatina. También se duplican proteínas no histónicas que participan en el control de la expresión génica.

Al final de la fase S, las dos moléculas de ADN que constituyen la cromatina doble permanecen unidas debido a proteínas cohesinas.

En células animales, a nivel citoplásmico, se duplica los centrosomas, pero permanencen juntos hasta el inicio de la división celular.

5.1.3. Periodo G_2

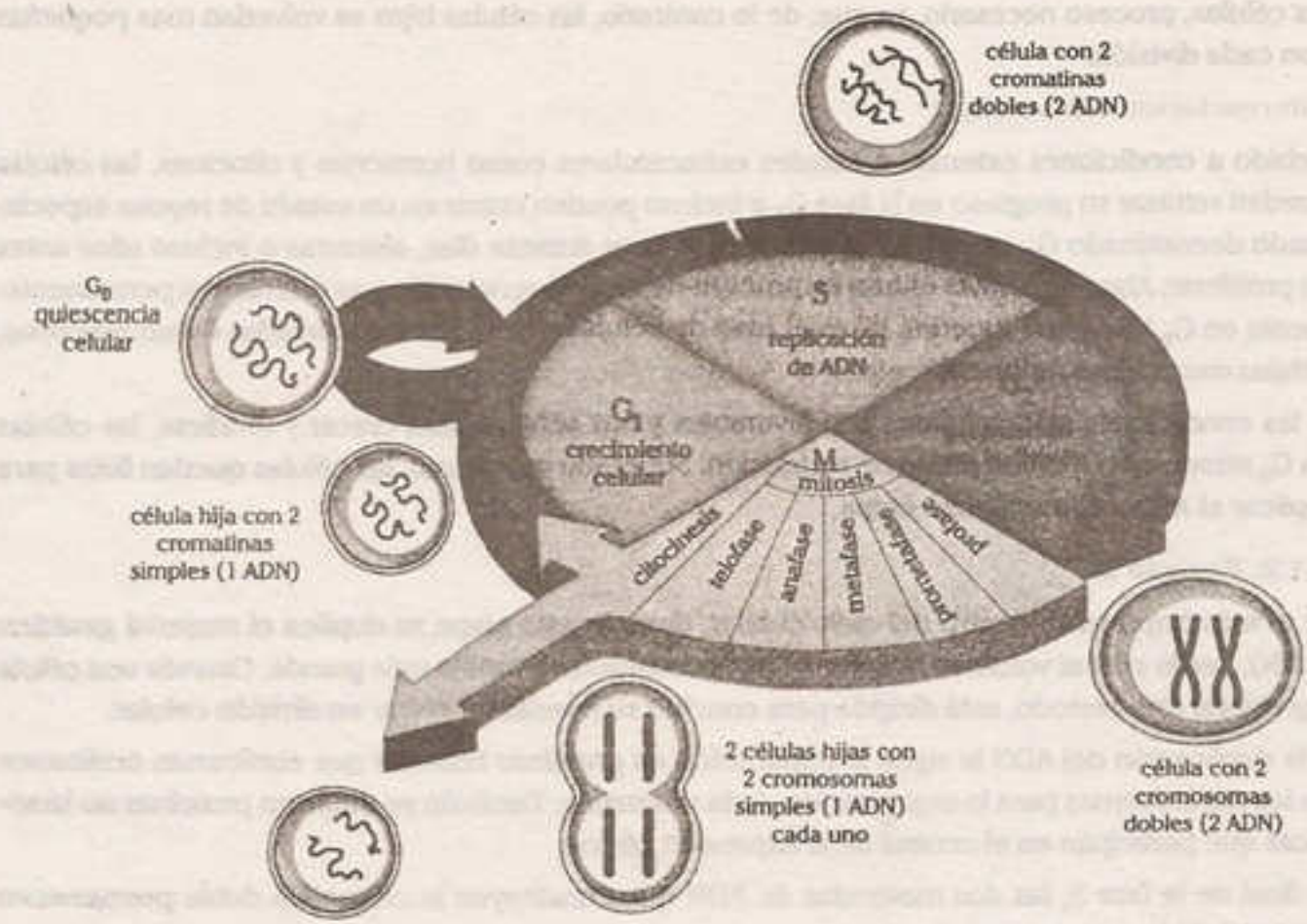
Comprende desde el final de la duplicación de la cromatina hasta el inicio de la división celular, esencialmente es un periodo de reordenamiento celular y control del material citoplasmático; aunque la síntesis de proteínas y otras moléculas no se detiene durante la interfase, la transcripción y traducción se reducen durante el periodo S y se reactivan con mayor intensidad en el periodo G_2.

5.2. DIVISIÓN CELULAR

En el ciclo celular, el proceso de división es importante porque permite la repartición de los materiales celulares en las células resultantes. El origen de nuevas células hace posible la perpetuación de los organismos unicelulares y pluricelulares.

Culminado el periodo S y G_2, la segregación del material genético duplicado y la división celular ocurren en la fase M. La fase M comprende dos acontecimientos principales: la división nuclear o la cariocinesis, durante la cual los cromosomas copiados se distribuyen en un par de núcleos hijos; y la división citoplásmica o citocinesis, cuando la célula se divide formando células hijas.

Existen dos tipos básicos de división: la mitosis para la formación de células somáticas y la meiosis para la formación de células sexuales.



5.3. CONTROL DEL CICLO CELULAR

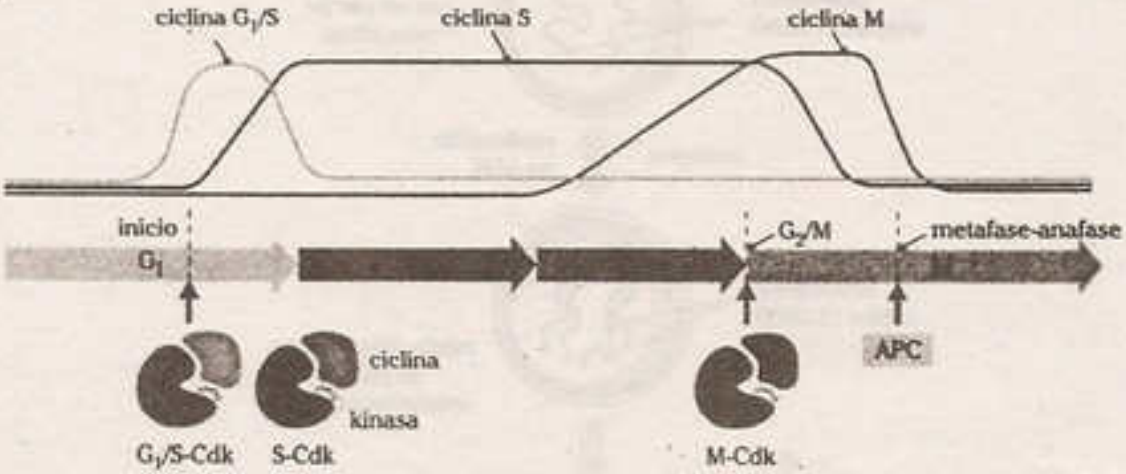
Las células eucariotas han desarrollado un sistema constituido por proteínas reguladoras que participan en el control del ciclo celular. Este sistema es muy sensible a las señales de otras células, estimulando la división celular cuando se necesitan mas células y bloqueándola cuando no se necesitan. Por lo tanto, el sistema de control del ciclo celular desempeña un papel fundamental en la regulación del número de células de los tejidos del organismo. Cuando el sistema funciona de forma incorrecta, un exceso de divisiones celulares puede producir cáncer.

Este sistema de control del ciclo celular está constituido por una serie de interruptores bioquímicos que inician los principales acontecimientos del ciclo, y actúan en puntos de control específicos. Los interruptores bioquímicos son proteínas del tipo **quinasas** o cinasas cuya función depende de su unión a otras proteínas denominadas **ciclinas**, por lo cual se les denomina **cinasas dependientes de ciclinas** (CdK). La concentración de la actividad de estas quinasas aumenta y disminuye a madida que la célula progresa a través del ciclo, estimulando el inicio o regulando los principales acontecimientos del ciclo celular .

Existen cuatro clases de ciclinas de acuerdo a la etapa del ciclo en la cual se encuentran activas:

- **Ciclina G_1/S**: Activan cinasas al final del periodo G_1 y preparan a la célula para pasar de la fase G_1 a la fase S.
- **Ciclina S**: Activan cinasas necesarias para la replicación del ADN en el periodo S.
- **Ciclina M**: Activan cinasas al final del periodo G_2 y favorecen los eventos de la mitosis: la condensacion cromosómica, la fragmentación de la envoltura nuclear y la formacion del huso mitótico. También activa al complejo promotor de la anafase (APC), ya que permite la separación de ADN replicado

  La disminución de la esta ciclina permite la culminación de la mitosis.
- **Ciclina D**: Activan cinasas para el paso de la célula a G_0.



Concentración de cada tipo de ciclina según la cual se regulará el paso a la siguiente fase. Así, cuando una ciclina tipo S es sintetizada y su concentración es superior a la de la ciclina de tipo G1/S, se procederá a la transición de fase G_1 a fase S.

Ciertos fármacos pueden parar el ciclo celular en un punto de control específico. Algunos de estos frenan la síntesis de ADN, mientras que otros inhiben la síntesis de proteínas que controlan el ciclo o inhiben la síntesis de proteínas estructurales que contribuyen al huso mitótico.

Debido a su alta rapidez de división celular las células cancerosas son grandemente afectadas por esos fármacos. Muchos efectos laterales de ciertos fármacos anticancerosos (como náusea y pérdida de cabello) se deben a los efectos de los fármacos sobre las células normales que se dividen rápidamente en el sistema digestivo y en los folículos del cabello.

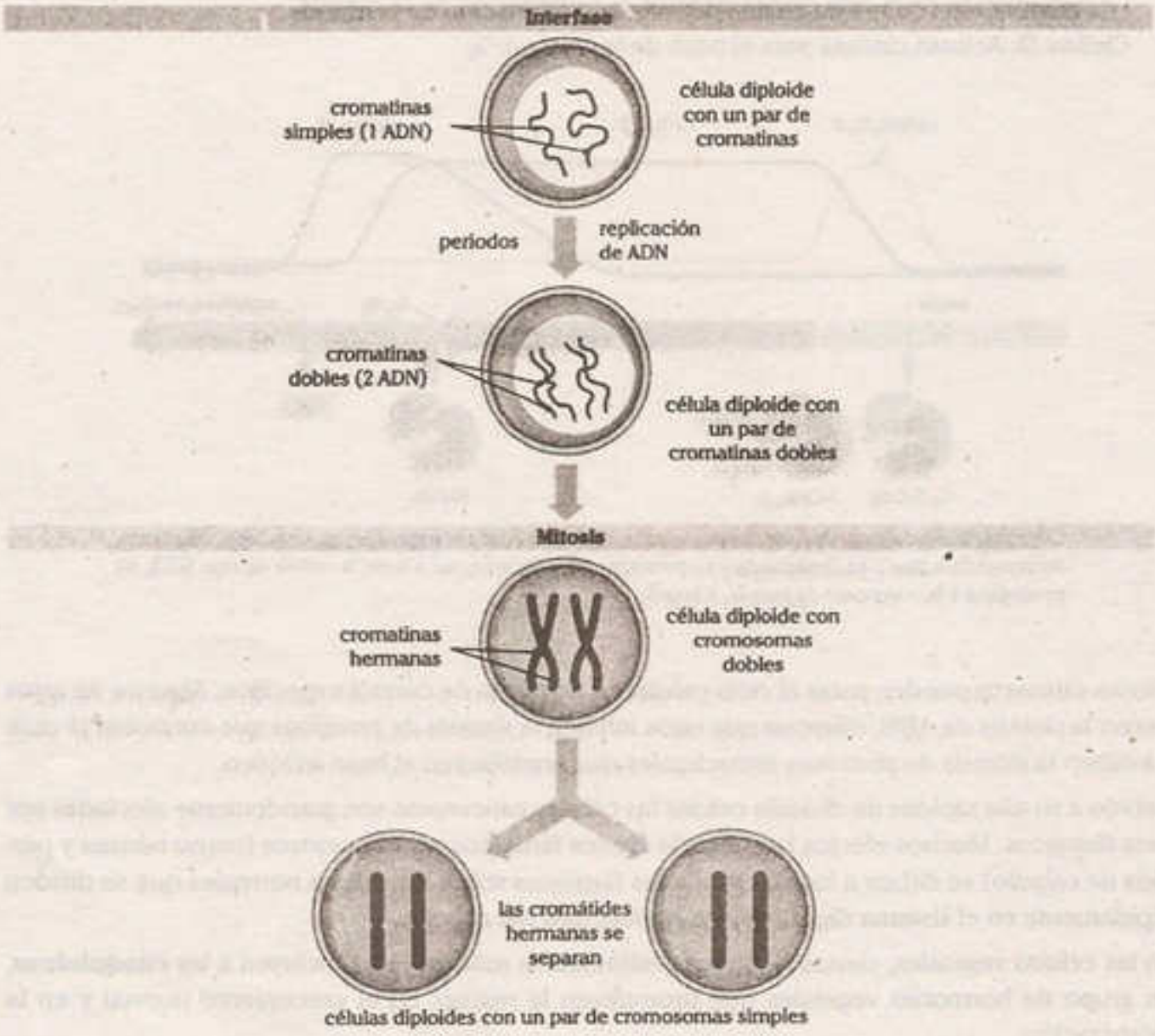
En las células vegetales, ciertas hormonas estimulan la mitosis. Estas incluyen a las **citoquininas**, un grupo de hormonas vegetales que promueven la mitosis en el crecimiento normal y en la cicatrización.

Los **factores de crecimiento** son proteínas activos en concentraciones muy bajas, estimulan la mitosis en algunas células animales. De los aproximadamente 50 factores de crecimiento proteínicos conocidos, algunos actúan solo sobre tipos específicos de células, mientras que otros actúan sobre un amplio rango de tipos celulares. Por ejemplo, los efectos del factor de crecimiento *eritropoyetina* se limitan a células que se desarrollarán en eritrocitos, pero el factor de crecimiento epidérmico estimula la division de múltiples tipos celulares.

6 ▸ Mitosis

Forma de división celular que en organismos multicelulares como los animales permite formar células somáticas para su crecimiento y regeneración, mientras en protistas y hongos unicelulares permite el incremento del número de individuos.

Se caracteriza por que las células hijas obtenidas son genéticamente idénticas y conservan el número de cromosomas de la célula madre, es decir, a partir de una célula madre diploide (2n) se obtienen dos células hijas diploides (2n) genéticamente idénticas



6.1. Fases de la mitosis

En la mitosis, el material genético duplicado en interfase S se separa y se distribuye (segrega) en un par de núcleos hijos idénticos, cada uno de ellos con su propia copia del genoma. La mitosis se divide tradicionalmente en cinco etapas: profase, prometafase, metafase, anafase y telofase; definidas principalmente en función del comportamiento de los cromosomas.

6.1.1. Profase

La profase se inicia con el desmontaje de la lámina nuclear y el desprendimiento de las fibras de cromatina doble (con dos ADN) que sufren proceso de condensación, formando cromosomas dobles constituidos por dos cromátides hermanas, las cuales permanecen unidos en una región denominada centrómero o constricción primaria. La condensación de la cromatina retira la región que organizaba al nucléolo, con lo cual ella se desintegra.

El desmontaje de la lámina nuclear también desencadena la desorganización de la carioteca, por lo cual desaparece al final de la profase, distribuyéndose en forma de fragmentos en la periferia celular.

En el citoplasma, a partir de los centrosomas se organizan microtúbulos formando las fibras continuas del huso acromático, cuyo alargamiento alejan los centrosomas hacia polos opuestos. En plantas superiores, las células carecen de centrosomas con ásteres, y el huso acromático es formado por casquetes polares, debido a esto a la mitosis de estas células se denomina anastral.

6.1.2. Prometafase

Durante esta fase, los cinetocoros (placas proteicas localizadas en ambos lados del centrómero) de los cromosomas forman las fibras discontinuas del huso acromático.

6.1.3. Metafase

El crecimiento de las fibras continuas del huso permite que los centrosomas alcancen a polos opuestos y que las fibras discontinuas del huso distribuyan a los cromosomas dobles en una placa ecuatorial denominado también placa metafásica.

En esta etapa los cromosomas se encuentran en su máximo grado de condenasción y son muy evidentes al microscopio para su estudio.

6.1.4. Anafase

El alargamiento de las fibras continuas del huso y el acortamiento de las fibras discontinuas favorecen la ruptura de centrómeros de los cromosomas, la separación o disyunción de las cromátides hermanas y su migración hacia polos opuestos. Es así que apartir de cada cromosoma doble se formen dos cromosomas simples.

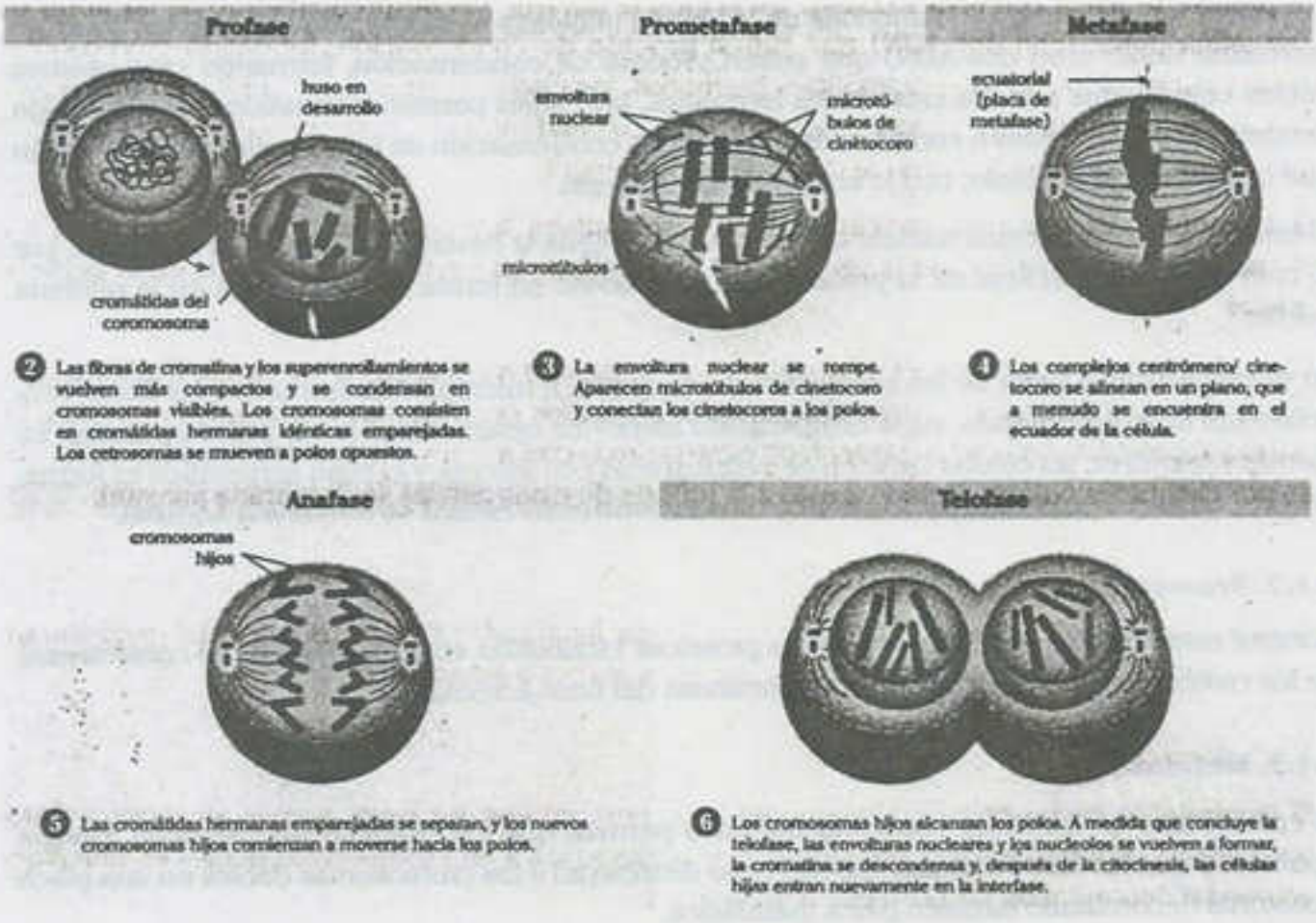
En esta etapa se aprecia la distribución del material genético duplicado en la interfase S.

6.1.5. Telofase

Periodo final de la cariocinesis mitótica, la reorganización de núcleos hijos ocurre debido a la reestructuración de la lámina nuclear que favorece la recomposición de la carioteca, los cromosomas simples separados en anafase se descondensan y los nucléolos se reorganizan alrededor de zonas específicas de cromatina.

En las células animales, luego de la telofase, aún persisten los haces de microtúbulos (fibras interzonales) del aparato mitótico en la zona ecuatorial, que se entremezclan con vesículas; toda la estructura es el cuerpo intermedio.

Fases de la mitosis



2 Las fibras de cromatina y los superenrollamientos se vuelven más compactos y se condensan en cromosomas visibles. Los cromosomas consisten en cromátidas hermanas idénticas emparejadas. Los centrosomas se mueven a polos opuestos.

3 La envoltura nuclear se rompe. Aparecen microtúbulos de cinetocoro y conectan los cinetocoros a los polos.

4 Los complejos centrómero/ cinetocoro se alinean en un plano, que a menudo se encuentra en el ecuador de la célula.

5 Las cromátidas hermanas emparejadas se separan, y los nuevos cromosomas hijos comienzan a moverse hacia los polos.

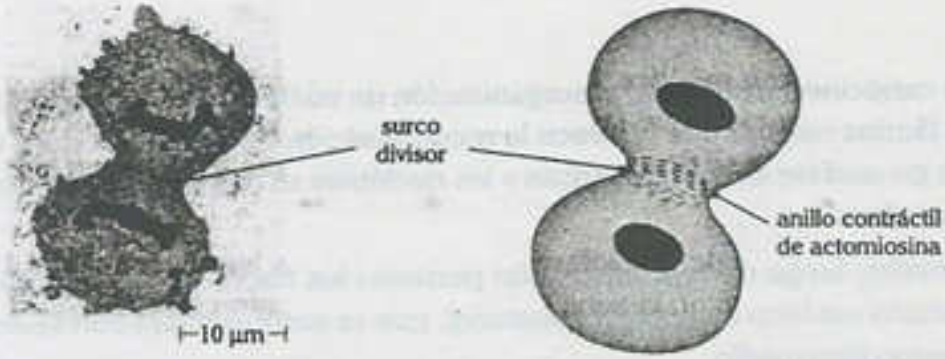
6 Los cromosomas hijos alcanzan los polos. A medida que concluye la telofase, las envolturas nucleares y los nucleolos se vuelven a formar, la cromatina se descondensa y, después de la citocinesis, las células hijas entran nuevamente en la interfase.

6.2. CITOCINESIS

Etapa culminante de la división celular que garantiza la distribución del citoplasma en células hijas. Este proceso de división del volumen citoplásmico se inicia en la anafase y es perceptible durante la telofase, se lleva a cabo por mecanismos distintos en animales y vegetales.

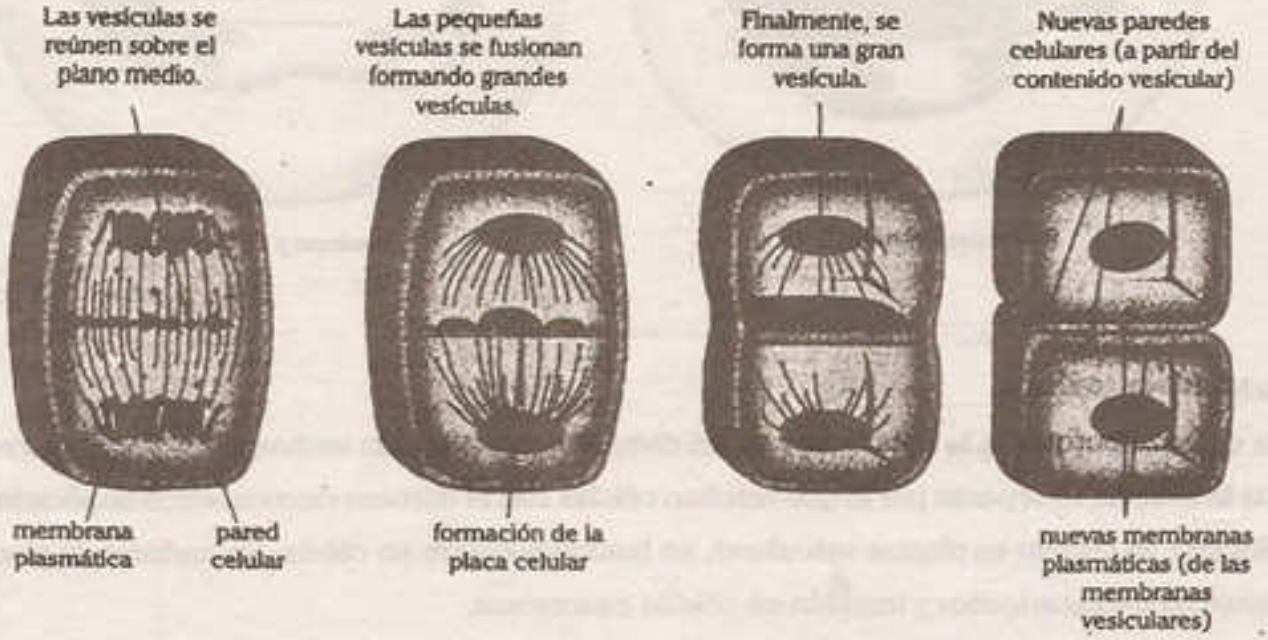
En células animales, el ectoplasma ecuatorial; existe un anillo formado por microtúbulos y microfilamentos que consumen ATP para su contracción, esto permite la formación de un surco, que se profundiza y divide a la célula.

Citocinesis animal



En las células vegetales se forma el fragmoplasto, que es un conjunto de fibras del huso acromático, las vesículas del aparato de Golgi y los fragmentos de retículo endoplasmático liso (túbulos); estos componentes se fusionan con la membrana celular. A cada lado del fragmoplasto se desarrolla una pared celular conforme se deposita el contenido de las vesículas del aparato de Golgi (pectina) y crece de forma centrífuga. Los plasmodesmos se originan a partir de túbulos del retículo liso, que se mantienen entre las regiones del citoplasma separadas por el fragmoplasto.

CITOCINESIS VEGETAL



» Nota

En hongos unicelulares llamados levaduras, los componentes citoplasmáticos se distribuyen en dos porciones, una mayor y otra menor, y se originan dos células de diferente tamaño, esta división toma el nombre de gemación. Sin embargo, cuando los componentes citoplasmáticos se distribuyen en muchas porciones y originan muchas células hijas, al proceso se le denomina fisión múltiple, esto ocurre en protozoarios parásitos tales como el *Plasmodium vivax* constante de la malaria.

6.3. MODIFICACIONES DE LA MITOSIS

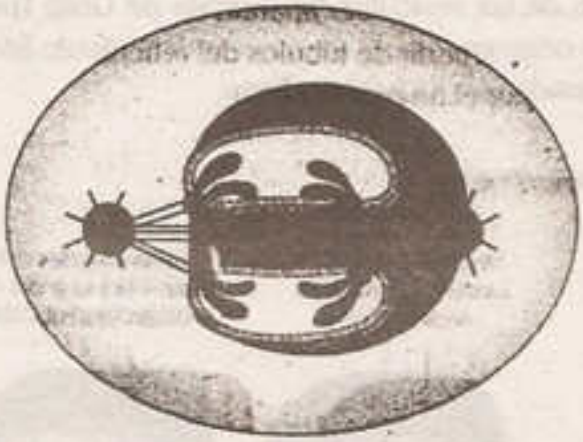
6.3.1. Mitosis intranuclear

Se presenta en protozoarios, dinoflagelados, diatomeas y levaduras. Se caracteriza porque la envoltura nuclear permanece sin desintegrarse.

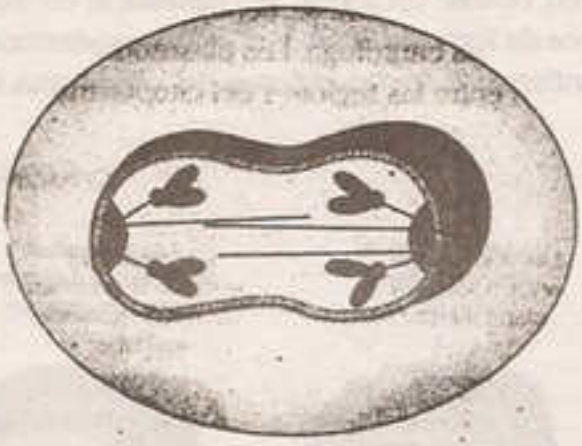
En los protozoarios y dinoflagelados, las fibras del huso atraviesan la carioteca por los poros, mientras los cromosomas permanecen adheridos a la carioteca. En algunos se establece contacto entre las fibras y proteínas de la membrana y de estas con los cromosomas.

En las levaduras y diatomeas, se forman cuerpos polares adheridos a la carioteca de donde parten fibras continuas y discontinuas a las cuales se unen los cromosomas.

MITOSIS INTRANUCLEAR



Protistas flagelados



Levaduras y diatomeas

6.3.2. Endomitosis

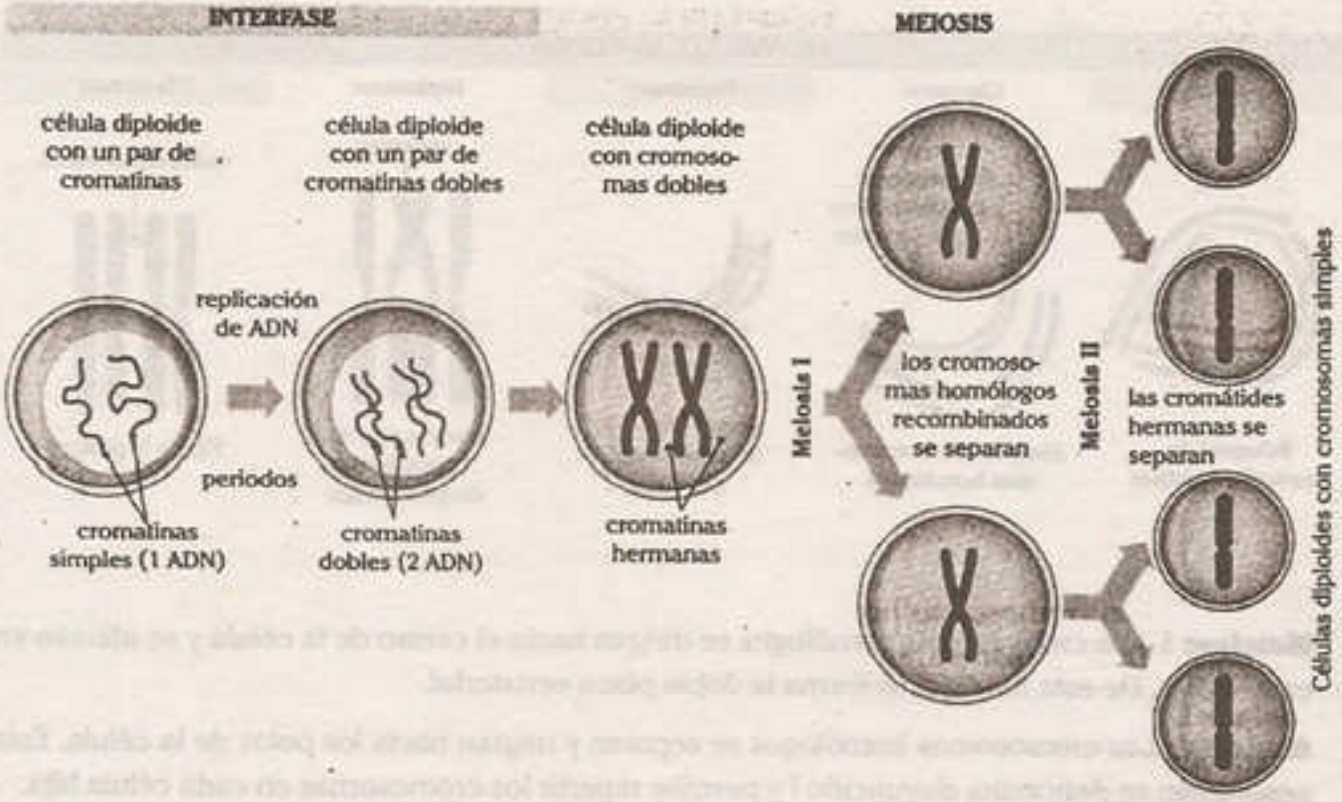
Se caracteriza porque la mitosis ocurre sin división del núcleo; sin embargo, las fibras de cromatina hermanas se separan por lo que resultan células con el número cromosómico duplicado (poliploides). Es común en plantas vasculares, en humanos ocurre en células formadoras de plaquetas llamadas megacariocitos y también en células cancerosas.

7 ▸ MEIOSIS

La mayoría de los organismos eucarióticos se reproduce sexualmente, esta forma de reproducción requiere la formación de células haploides (n) denominados gametos y su posterior fecundación para la obtención de nuevos individuos diploides. La meiosis forma células haploides portadoras de un solo juego cromosómico, las cuales se especializan en células reproductoras especializadas denominadas gametos en animales y esporas en plantas.

Otra característica de la meiosis es que las células hijas haploides obtenidas son genéticamente diversas debido al proceso de recombinación genética llevada a cabo, lo cual es responsable de la variabilidad de hijos en una familia, la variabilidad al interior de una especie y a la largo del proceo evolutivo de la variabilidad de las diversas formas de vida que existió y existe en el planeta.

El inicio de la meiosis requiere la duplicación del material genético en interfase S. En el proceso meiótico existe dos rondas de segregación cromosómica, denominada meiosis I y meiosis II. En la meiosis I se segregan los cromosomas homólogos; en la meiosis II se segregan las cromátides hermanas de cada homólogo al igual que en la mitosis, formando cuatro células hijas haploides genéticamente distintas.



7.1. ETAPAS DE LA MEIOSIS

La meiosis presenta dos etapas: meiosis I y meiosis II, entre ambas hay un intervalo llamado intercinesis.

a. Meiosis I (división reduccional)

Primera división celular en la meiosis, se caracteriza por la reducción en el número de cromosomas. En esta etapa, una célula diploide origina dos células haploides.

Comprende cuatro fases:

- **Profase I.** La cromatina se condensa para originar cromosomas, desaparece la carioteca y se forma el huso mitótico. El evento más importante es la recombinación génica, los cromosomas homólogos intercambian segmentos de ADN (genes), y ocurre en 5 periodos:
  - ***Leptonema* (*Leptoteno*)**. Las cromatinas se disponen como *bouquet* en el núcleo. La cromatina condensa y va formando masas apelotadas denominadas cromómeros.
  - ***Cigonema* (*Cigoteno*)**. Apareamiento o sinapsis de cromosomas homólogos mediante una estructura proteica denominada complejo sinaptonémico, se forman tétradas o bivalentes.
  - ***Paquinema* (*Paquiteno*)**. Ocurre la recombinación genética entre cromosomas homólogos, requiere el *crossing over*, donde las hebras del ADN de estos cromosomas son cortadas por una endonucleasa, entrecruzadas y selladas por una ADN ligasa.
  - ***Diplonema* (*Diploteno*)**. Es la separación de los cromosomas homólogos, apareados, permaneciendo unidos solamente en sitios de intercambio de ADN denominados quiasmas.
  - ***Diacinesis***. Un movimiento opuesto entre cromosomas homólogos los separa y reduce el número de quiasmas existentes.

- **Metafase I.** Los cromosomas homólogos se dirigen hacia el centro de la célula y se alínean en esta región. De esta manera, se forma la doble placa ecuatorial.
- **Anafase I.** Los cromosomas homólogos se separan y migran hacia los polos de la célula. Esta separación se denomina disyunción I y permite repartir los cromosomas en cada célula hija.
- **Telofase I y citocinesis I.** Los cromosomas llegan a los polos de la célula, se reorganizan la carioteca y los nucléolos. Así, se forman dos núcleos haploides. La división nuclear es acompañada por una división citoplasmática denominada citocinesis I.

b. Intercinesis

Luego de la división citoplasmática, las células hijas aumentan su volumen y duplican los centriolos, procesos necesarios para iniciar la meiosis II.

c. Meiosis II (división ecuacional)

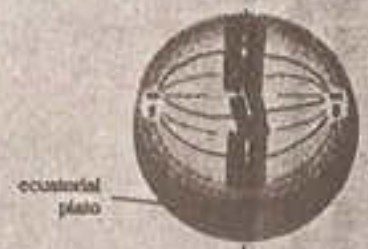
Origina dos células haploides a partir de una célula también haploide que se formó durante la meiosis I. Es similar a una mitosis.

- **Profase II.** Es muy corta, desaparece la envoltura nuclear y los nucléolos; asimismo, se condensa la cromatina para formar a los cromosomas con dos cromátides (dobles).
- **Metafase II.** Los cromosomas dobles se alínean en la región central de la célula formando la placa ecuatorial.
- **Anafase II.** Las cromátides de cada cromosoma doble se separan, a esta separación se le denomina disyunción II. Los cromosomas se dirigen hacia polos opuestos de la célula.
- **Telofase II y citosinesis II.** Las cromátides llegan a los polos de la célula formándose alrededor de ellas la envoltura nuclear y además se reorganizan los nucléolos. Al finalizar se da la división citoplasmática, que origina cuatro células hijas.

Fases de la meiosis

Profase I

❶ Los cromosomas continúan enrollando y acortándose. Los quiasmas reflejan el intercambio de material genético entre cromátidas no hermanas en un par homólogo.



❷ Los pares homólogos se alinean en la placa ecuatorial (metafase).

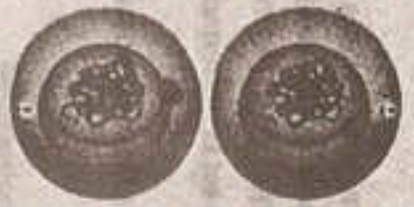
Anafase I

❸ Los cromosomas homólogos (cada uno con dos cromátidas) se mueven a polos opuestos de la célula.

MEIOSIS II

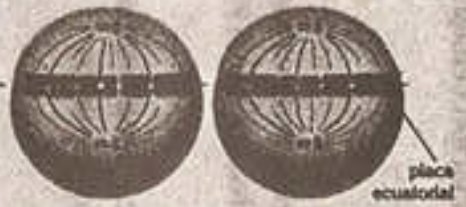
❹ Los cromosomas se agrupan en núcleos y la célula original se divide.

Profase II



❺ Los cromosomas se condensan nuevamente, luego de una breve interfase (interdinesis) en la que el ADN no se replica.

Metafase II

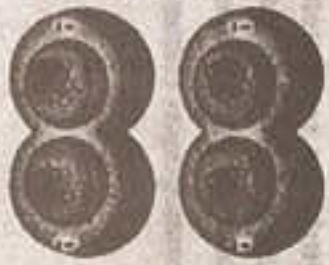


❻ Los centrómeros de las cromátidas emparejadas se alinean a través de las placas ecuatoriales de cada célula.

Anafase II

❼ Las cromátidas finalmente se separan y son arrastradas a polos opuestos, cada nueva célula tendrá una composición genética diferente.

Telofase II



❽ Los cromosomas se agrupan en núcleos y las células se dividen.

Productos

❾ Cada una de las cuatro células tiene un núcleo con un número haploide de cromosomas.

8 ▸ GAMETOGÉNESIS

Es el proceso de formación de gametos, o células sexuales, de un organismo. Es un proceso complejo que incluye la meiosis y la diferenciación celular.

8.1. GAMETOGÉNESIS ANIMAL

8.1.1. Espermatogénesis

Proceso de formación de espermatozoides. Se lleva a cabo en los túbulos seminíferos de testículos y comprende tres etapas: fase proliferativa, meiótica y la espermiación.

a. Fase proliferativa

Las espermatogonias se dividen mitóticamente formando abundantes espermatogonias, algunas células crecen y originan espermatocitos primarios.

b. Fase meiótica

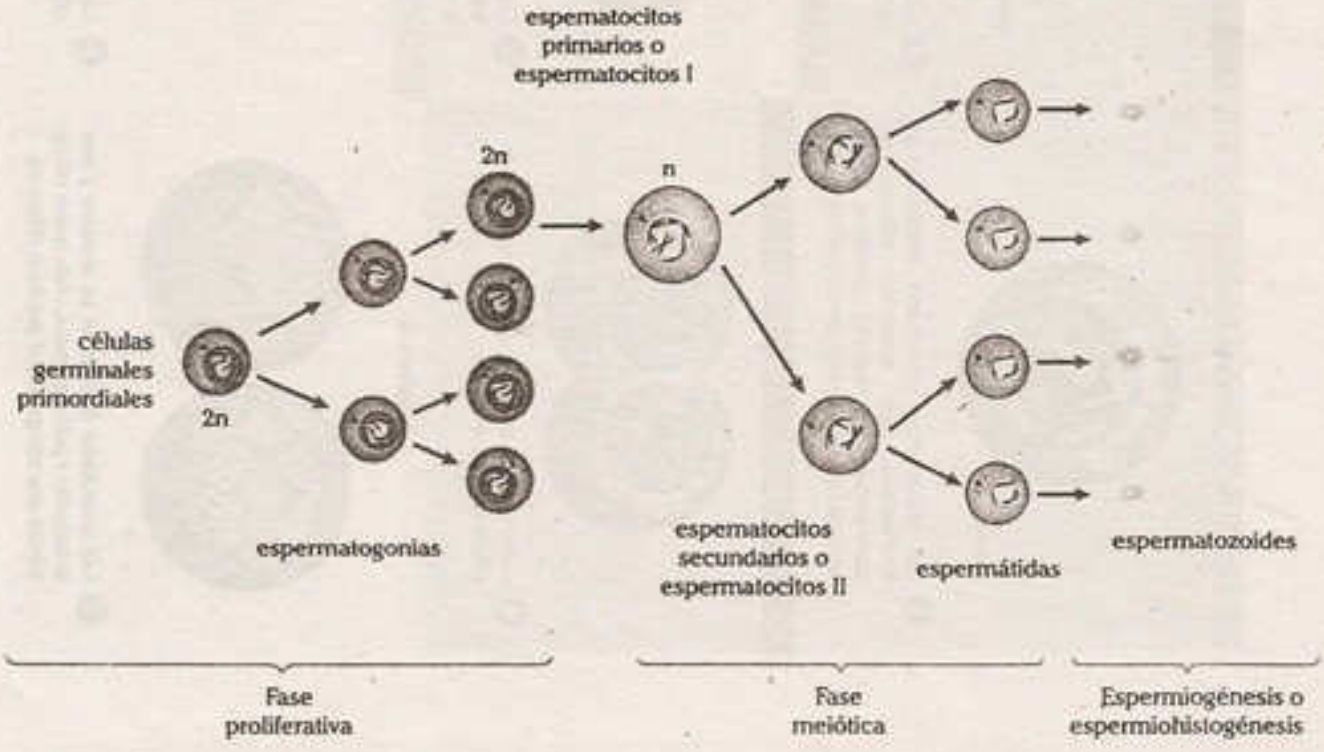
El espermatocito primario (2n) se divide por meiosis originando cuatro espermátides (n) genéticamente distintas.

c. Espermiogénesis

Las espermátides se diferencian formando la cabeza con núcleo y acrosoma (lisosoma, que se forma a partir del Golgi), parte intermedia con abundantes mitocondrias y, la cola (flagelo) que surge a partir del centriolo, esto señala que las espermátides se transforman en espermatozoides.

Las espermatogonias entran en meiosis en la pubertad y el proceso continúa hasta la muerte.

ESPERMATOGÉNESIS



8.1.2. Ovogénesis

Este proceso de formación de óvulos se lleva a cabo en los folículos de De Graaf del ovario. La ovogénesis comprende dos etapas: la fase proliferativa y la fase meiótica.

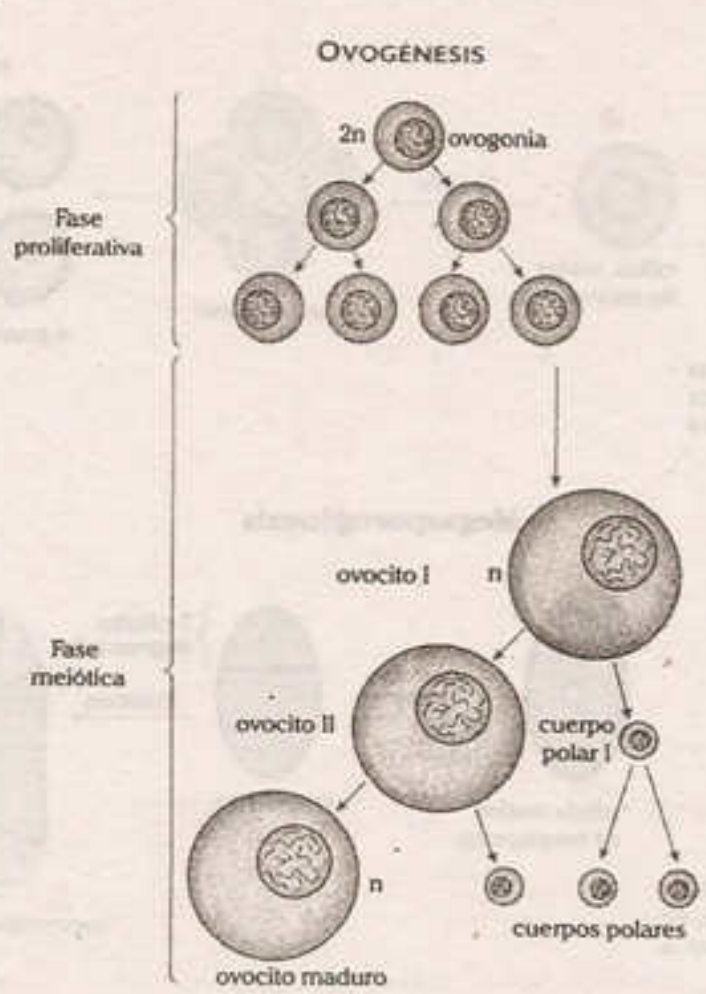
a. Fase proliferativa

las ovogonias se dividen mitóticamente formando ovogonias que maduran hasta ovocitos primarios (crecimiento y duplicación de ADN).

b. Fase meiotica

Durante la meiosis I, el ovocito primario (2n) se divide formando un ovocito secundario (n) y un cuerpo polar (n); estas son células de diferente tamaño debido a una citocinesis desigual. En los seres humanos, la meiosis I se detiene antes del nacimiento en etapa de profase I estadio de diplonema. El diplonema se prolonga muchos años, a esta etapa se le denomina dictioteno. En la pubertad se da la activación escalonada (generalmente unos pocos en cada ciclo ovárico) de los ovocitos primarios y por acción de la hormona folículo estimulante (FSH) y estos completan la meiosis I. Al nacer, la mujer tiene alrededor de 1 millón de ovocitos, a los 7 años unos 300 000 ovocitos, de los cuales solo 400 alcanzan la madurez entre los 12 y 50 años de edad.

Finalmente, en la meiosis II, el ovocito secundario (n) se divide formando un óvulo (n) y un cuerpo polar (n). La meiosis II en humanos se detiene en la metafase II, donde el ovocito II es expulsado por estímulo de la hormona luteinizante y solo se completa para formar un óvulo al contacto con un espermatozoide.



8.2. GAMETOGÉNESIS VEGETAL

8.2.1. Microsporogénesis y gametogénesis masculina

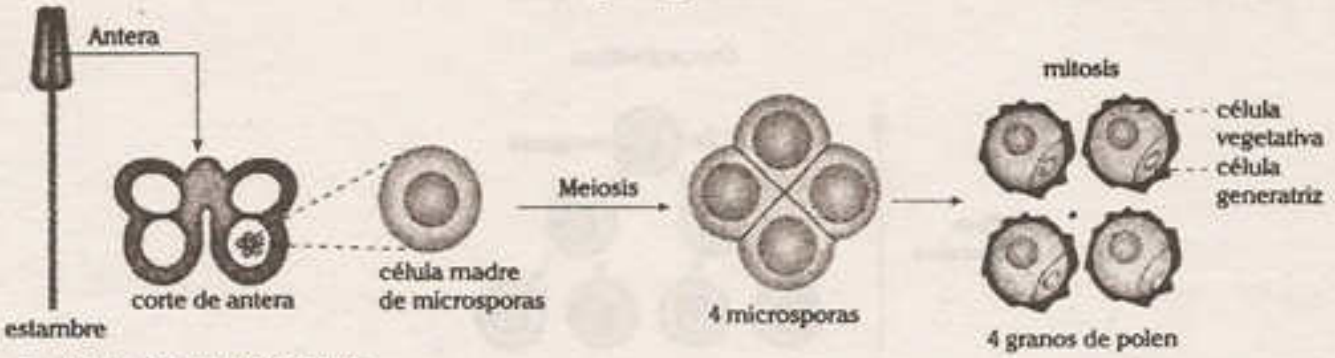
Se realiza en el estambre, a nivel de los sacos polínicos (microsporangios) de la antera, quienes contienen las células madres del polen. Cada una de estas realiza la meiosis y forma cuatro microsporas haploides, en un proceso llamado microsporogénesis. Cada microspora se divide por mitosis formando al grano de polen que consta de una célula vegetativa y una célula generatriz, esta última se divide por mitosis formando dos gametos masculinos (anterozoides o células espermáticas).

8.2.2. Megasporogénesis y gamentogénesis femenina

Se realiza en el pistilo, en el ovario a nivel del óvulo (megasporangio) que contiene las células madre de los sacos embrionarios. Una de estas realiza la meiosis y forma cuatro células haploides, una de ellas es la megaspora y las otras tres degeneran. La megaspora realiza la división del núcleo mediante 3 mitosis sucesivas formando un saco embrionario plurinucleado que dará origen a los gametos femeninos (ovocélula y célula polar), además de 2 sinérgidas y 3 antípodas.

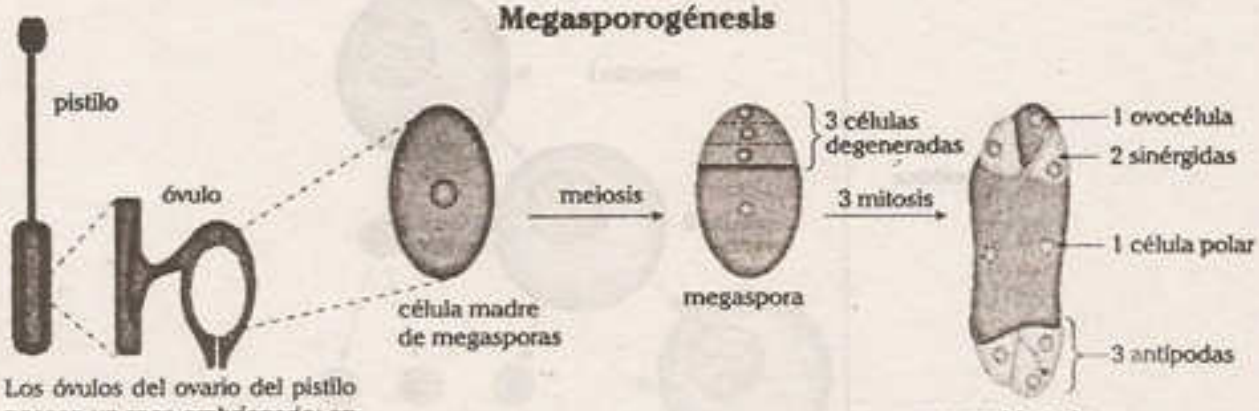
GAMETOGÉNESIS VEGETAL

Microsporogénesis

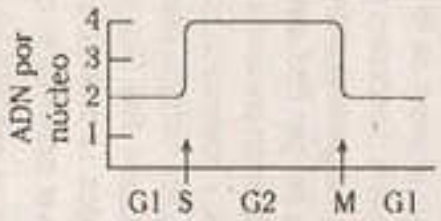
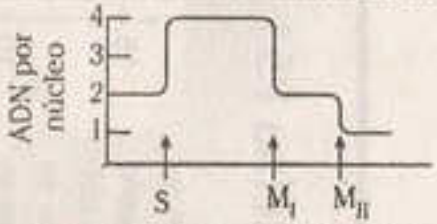
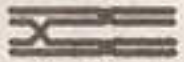
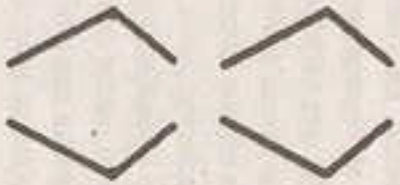
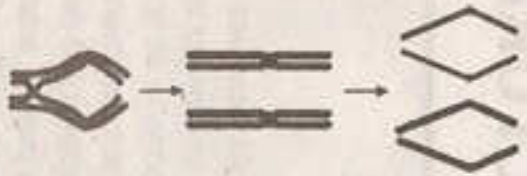


La antera del estambre forma granos de polen, en cuyo interior se forman gametos masculinos a partir de microsporas.

Megasporogénesis



Los óvulos del ovario del pistilo poseen un saco embrionario; en este, la megaspora da origen a los gametos femeninos.

MITOSIS	MEIOSIS
Ocurre en células somáticas.	Ocurre en células del ciclo sexual.
Una división celular produce dos células hijas.	Dos divisiones celulares producen cuatro productos meióticos.
El número de cromosomas por núcleo se mantiene (por ejemplo, célula diploide).	Número de cromosomas dividido por dos en los productos meióticos.
Una fase S premitótica por división celular (por ejemplo, célula diploide). 	Una fase S premeiótica para las dos divisiones celulares. 
Normalmente no hay apareamiento cromosómico.	Sinapsis completa de los homólogos en profase I.
Normalmente no hay entrecruzamientos.	Al menos un entrecruzamiento por par homólogo. 
Los centrómeros se dividen en anafase. 	Los centrómeros no se dividen en anafase I pero lo hacen en anafase II. 
Proceso conservador: genotipo de células hijas idéntico al de la célula parental.	Genera variación entre los productos meióticos.
La célula que sufre mitosis puede ser diploide o haploide.	La célula que sufre meiosis es siempre diploide.

A todo el público en general:

El Proyecto Modo Scan+100, nace de una idea del **Team Calapenshko**, el cual es difundir todo aquel texto inédito que no esté circulando en la red.

Nuestro Grupo Calapenshko hace el mejor esfuerzo para digitalizar este libro, y así usted estimado lector pueda obtener la mejor experiencia que toda persona desea al abrir un libro.

Este proyecto llega gracias a las **donaciones que se pudo obtener de 100 personas** comprometidas con el proyecto **MODO SCAN+100**.

Este libro no debe ser prostituito monetariamente, este libro no debe ser coleccionado, este libro debe ser destruido analíticamente, así que te invito a leerlo.

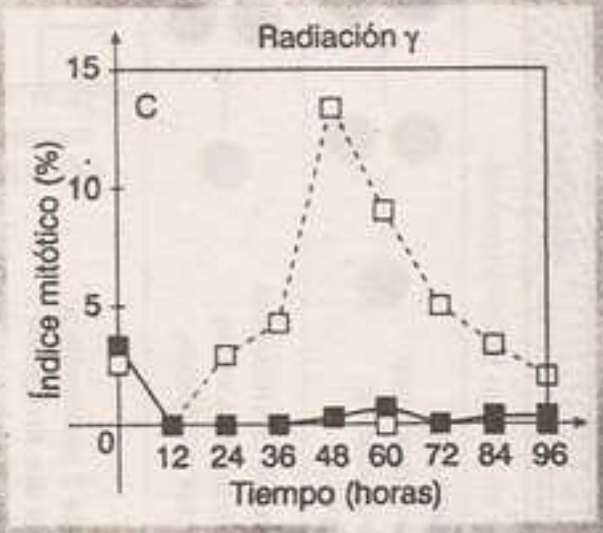
No pagues por este libro de **circulación gratuita**, búscalo en la red.

Atentamente, el **GRUPO CALAPENSHKO**

18 de agosto del 2020

Proteína P53

La proteína p53, conocida como "el guardián del genoma", es un supresor tumoral que desempeña un papel importante en la interrupción de la división celular (mitosis) cuando ocurre un daño en el ADN. La proteína p53 detiene el ciclo celular en dos posibles puntos: antes de la replicación del ADN (entre las fases G_1 y S) y antes de la división celular (entre las fases G_2 y M). La interrupción del ciclo celular en estos puntos impide la división de células que contienen ADN dañado. Esto es importante porque los daños severos en el ADN pueden resultar en cáncer. De hecho, el gen p53 está mutado en el cáncer con mayor frecuencia que cualquiera de los otros 20,000 genes humanos. Comprender más a fondo el papel de la p53 en el ciclo celular puede, por lo tanto, mejorar nuestra comprensión sobre el cáncer y quizá guiarnos en el diseño de nuevas formas de tratamiento.



En este estudio, los investigadores estudiaron el papel de la p53 en el punto de control entre las fases G_2 y M. Normalmente, cada célula contiene dos copias de cada gen, una copia heredada de la madre y la otra heredada del padre. Los investigadores usaron ingeniería genética para crear una línea celular donde eliminaron ambas copias del gen P53, también mantuvieron células de la línea original, en las que ambas copias del gen p53 están presentes. Luego expusieron las dos líneas celulares a radiación gama, la cual daña el ADN, y observaron cómo esta exposición afectó la división celular. Los investigadores determinaron el índice mitótico, osea la proporción de células en mitosis, en cada línea celular cada 12 horas durante cuatro días. Con un microscopio se identificaron y contaron las células con cromosomas condensados. La presencia de cromosomas condensados indica que las células se encontraban en mitosis en el momento en que fueron fijadas.

Los resultados muestran que las células con el gen p53 (el estado normal) no entran en mitosis por al menos 96 horas después de haber sido expuestas a radiación gama. Este retraso permite a las células corregir el daño en el ADN o llevar a cabo la apoptosis (muerte celular). En contraste, una fracción mucho mayor de células de la línea celular sin p53 (cuadros sin sombrear) llevó a cabo la mitosis después de la irradiación. Este resultado sugiere que la p53 desempeña un papel regulador del ciclo celular, evitando que las células con daños en el ADN proliferen. La p53 debe estar activando un "punto de control" que bloquea la entrada de las células a la fase de mitosis. La línea celular sin el gen p53 comienza a llevar a cabo la mitosis alrededor de las 24 a 48 horas después de la irradiación.

Adaptado de <https://www.biointeractive.org>.

Preguntas resueltas

Pregunta 1

Las células que se encuentran en el ciclo celular se denominan proliferantes, y las que se encuentran en la fase G_0 se denominan

A) células totipotentes.
B) células madre.
C) quiescentes.
D) células diferenciadas.
E) células embrionarias.

Resolución

Las células pueden retrasar su progreso en la fase G_1 e incluso pueden entrar en un estado de reposo o quiescente denominado G_0, en el cual puede permanecer durante días, semanas o incluso años antes de proliferar. Algunas células como neuronas y miocitos entran en proceso de alta diferenciación y se mantienen en G_0 hasta que mueren.

Clave C

Pregunta 2

Durante la morfogénesis embrionaria, se inicia un proceso de diferenciación celular. Este proceso ocurre mediante

A) eliminación de intrones.
B) aumento en la tasa de división celular.
C) activación e inactivación de genes.
D) replicación semiconservativa del ADN.
E) muerte celular por apoptosis.

Resolución

Mediante la morfogénesis, el embrión va desarrollando la estructura correspondiente a su especie a través de procesos de diferenciación y migración celular, estos permiten la formación de tejidos, órganos y de todo el organismo. El proceso de especialización celular ocurre en células en periodo G_0 o quiescente y consiste en la activación e inactivación de genes específicos.

Clave C

Pregunta 3

Un grupo de células en división son tratadas con una cierta droga, obteniéndose solamente células binucleadas. De este resultado se puede inferir que la droga inhibió la

A) citocinesis.
B) replicación del ADN.
C) síntesis de proteínas.
D) formación del huso mitótico.
E) condensación de la cromatina.

Resolución

La existencia de células binucleadas se debe a que la célula llegó a culminar la cariocinesis; sin embargo, el bloqueo de la citocinesis permite la formación de células binucleadas; dicho fármaco puede actuar mediante el bloqueo de la formación de anillo contráctil.

Clave A

Lumbreras Editores

Pregunta 4

Señale la proteína que regula la actividad de las enzimas cinasas y, en conjunto, controlan la progresión a traves de las fases del ciclo celular.

A) hormonas
B) ciclinas
C) segundos mensajeros
D) receptores de membrana
E) integrinas

Resolución

Los interruptores bioquímicos son proteínas del tipo cinasas cuya función depende de su unión a otras proteínas denominadas ciclinas, por lo cual se les denomina cinasas dependientes de ciclinas (CdK). La actividad de estas cinasas aumenta y disminuye a medida que la célula progresa a través del ciclo, estimulando el inicio o regulando los principales acontecimientos del ciclo celular como la replicación del ADN, el inicio de la mitosis, la segregación del material genético, etc.

Clave B

Pregunta 5

En células atípicas con alteraciones genómicas, se identifica altos valores de la proteína p53, induciendo la corrección del ADN o la muerte celular por

A) citocinesis.
B) necrosis.
C) apoptosis.
D) quiescencia.
E) diferenciación.

Resolución

La proteína p53, conocida como "el guardián del genoma", es un supresor tumoral que desempeña un papel importante en la interrupción del ciclo celular cuando ocurre un daño en el ADN. La proteína p53 induce la apoptosis o muerte programada de células con el genoma alterado.

Cuando una célula muere por apoptosis, empaqueta su contenido citoplasmático, el citoplasma y sus núcleos se encogen, y con frecuencia se fragmentan conformando vesículas pequeñas que contienen el material citoplasmático. De esta manera, pueden ser eficientemente englobadas vía fagocitosis y, consecuentemente, sus componentes son reutilizados por macrófagos o por células del tejido adyacente.

Clave C

Pregunta 6

La vimblastina es un fármaco quimioterapéutico que se utiliza actualmente para tratar el cáncer. Debido a que interfiere con el ensamblaje de microtúbulos, su efectividad debe relacionarse con

A) el bloqueo de la síntesis de proteínas.
B) la inhibición de la síntesis de ADN.
C) la interrupción de la formación del huso mitótico.
D) la inhibición de la producción de ATP.
E) el bloqueo de la citocinesis.

Resolución

La vimblastina es un fármaco que interrumpe la formación del huso mitótico, ya que las fibras continuas y discontinuas del huso acromático están constituidas por microtúbulos, cuya fromación requiere de la polimerización de tubulina y el ensamblaje de microtúbulos.

Clave C

Lumbreras Editores

Pregunta 7

El principal centro organizador de microtúbulos para la formación del huso acromático, en células vegetales, es

A) centriolos.
B) centrosoma.
C) casquetes polares.
D) cromatinas.
E) carioteca.

Resolución

La formación de las fibras del huso acromático requiere la participación de centros organizadores de microtúbulos. En células animales dichos centros corresponden a los centrosomas, mientras en células de la mayoría de vegetales son los casquetes polares.

Clave C

Pregunta 8

El análisis del cariotipo requiere detener la división mediante el reactivo colchicina y visualizar los cromosomas en su máximo grado de condensación, lo cual ocurre en la

A) profase.
B) metafase.
C) anafase.
D) telofase.
E) interfase.

Resolución

El estudio del cariotipo humano requiere la observación de los cromosomas, para lo cual la célula estudiada debe haber iniciado el proceso de división celular. El reactivo colchicina evita la polimerización de tubulina y detiene la célula en metafase, etapa donde los cromosomas logran su máximo grado de condensación.

Clave B

Pregunta 9

¿Qué etapa está representada en la imagen que aparece a continuación?

A) profase I meiótica
B) metafase I meitótica
C) metafase II meiótica
D) anafase I melótica
E) anafase II meiótica

Resolución

En la imagen se observa la migración de cromosomas a polos opuestos traccionados por las fibras del huso acromático característico de anafase. Debido a que los cromosomas traccionados son dobles y recombinados, se considera que la imagen corresponde a la anafase I en la meiosis.

En la anafase II de la meiosis, migran cromátides hermanas hacia polos opuestos.

Clave D

Lumbreras Editores

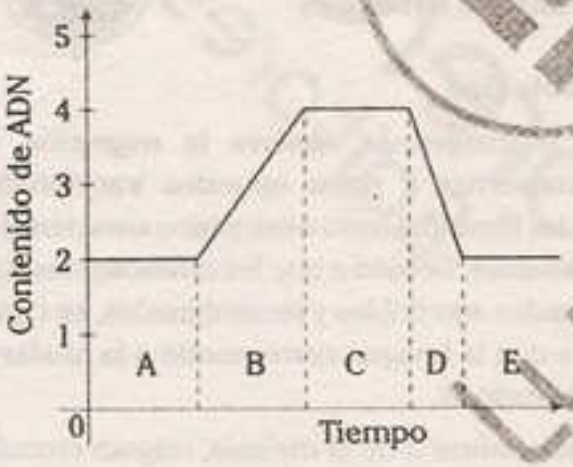
Preguntas propuestas

1. ¿Qué eventos son propios de la interfase del ciclo celular?

   I. duplicación de los centriolos
   II. síntesis de ADN
   III. organización del huso mitótico

   A) solo I
   B) solo II
   C) solo III
   D) I y II
   E) I, II y III

El siguiente gráfico representa la variación de la cantidad de ADN celular durante el ciclo celular en una especie de helminto. Respecto a esta información responda las preguntas 2 y 3.



2. La gráfica corresponde a la

   A) mitosis de una célula somática.
   B) interfase y la división mitótica de una célula somática.
   C) interfase y la división meiótica de una célula somática.
   D) interfase y la división mitótica de una célula sexual.
   E) interfase y la división meiótica de una célula sexual.

3. La replicación semiconservativa del ADN y la distribución anafásica del ADN replicado ocurre, respectivamente, en

   A) A y B.
   B) B y C.
   C) A y C.
   D) B y D.
   E) D y E.

4. El cáncer es una enfermedad que se caracteriza porque

   I. las células afectadas exhiben una proliferación descontrolada.
   II. su origen siempre se debe a la exposición de contaminantes ambientales.
   III. las células afectadas tienen alteraciones en genes que controlan directa o indirectamente el ciclo celular.

   A) solo I B) solo III C) I y II
   D) I y III E) I, II y III

5. La vimblastina y la cafeína son alcaloides que interfieren con algunas etapas del ciclo celular. La vimblastina despolimeriza a los microtúbulos y la cafeína inhibe la formación de la nueva pared celular en la citodiéresis de células vegetales. Al agregar estos alcaloides a células vegetales diploides (2n=24) en una etapa temprana de la mitosis, se obtienen

   A) una célula con 24 cromosomas simples.
   B) dos células con 24 cromosmas dobles cada uno.
   C) una célula con 48 cromosomas simples.
   D) una célula con 24 cromosomas dobles.
   E) dos células cuyos núcleos contienen 24 cromatinas simples cada uno.

Lumbreras Editores

6. ¿Cuál de los siguientes enunciados respecto al ciclo celular es incorrecto?

A) La mitosis es la separacion del genoma celular duplicado en dos conjuntos de cromosomas idénticos.
B) La mitosis se realiza únicamente en células eucarioticas.
C) Al final de la fase G_2, la célula ha crecido y tiene duplicado su material genético.
D) Las bacterias se reproducen por mitosis.
E) La citocinesis es la división de una célula en dos células hijas.

7. Indique qué etapa de la meiosis corresponde la siguiente imagen.

A) profase I
B) metafase I
C) anafase I
D) metafase II
E) anafase II

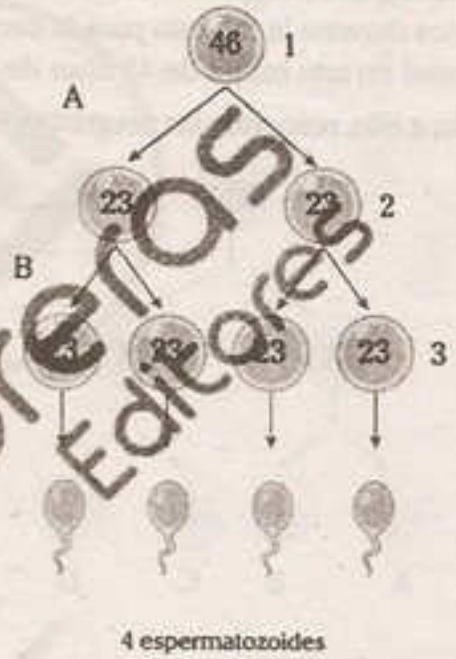
8. El evento más importante que ocurre durante la profase de la primera división meiótica y está relacionada con la diversidad biológica es

A) la condensación de los cromosomas.
B) la desaparición de la membrana celular.
C) la formación del huso acromático.
D) el intercambio de información genética.
E) el apareamiento longitudinal de los cromosomas.

9. Una droga que impide el entrecruzamiento entre los cromosomas homólogos en la profase I producirá gametos con

A) menor variabilidad génica.
B) menor número de cromátidas.
C) la misma información genética.
D) menor número de cromosomas.
E) desigual número de cromosomas.

Respecto al siguiente gráfico que corresponde a la gametogénesis masculina, responda las preguntas 10 y 11.



10. Con respecto al gráfico, indique los enunciados correctos.

I. En la fase A se reduce el número cromosómico a la mitad.
II. En la fase B ocurre la recombinación genética.
III. En la anafase de la fase B ocurre disyunción de cromátides hermanas.

A) solo I B) I y II C) I y III
D) II y III E) I, II y III

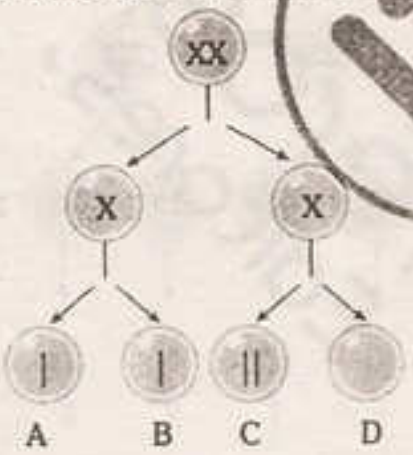
Lumbreras Editores

11. Respecto al gráfico, indique los enunciados correctos.

I. 1 corresponde a la espermatogonia.
II. 2 corresponde a células haploides.
III. 3 corresponde a células con cromosomas simples.

A) solo I
B) I y II
C) I y III
D) II y III
E) I, II y III

El siguiente gráfico representa la dotación cromosómica durante la meiosis para la ovogénesis anormal en una mujer de 43 años de edad. Respecto a ello, responde las preguntas 12 y 13.



12. La fase de la meiosis responsable de la inadecuada distribución cromosómica en los gametos corresponde

A) a la ausencia de recombinación genética en la profase I.
B) al alineamiento ecuatorial de cromosomas dobles en la metafase I.
C) al alineamiento ecuatorial de cromosomas simples en la metafase II.
D) a la no disyunción en la anafase I.
E) a la no disyunción en la anafase II.

13. La fecundación del gameto C y su posterior desarrollo tendría como consecuencia la formación de una criatura con

A) diploidía.
B) triploidía.
C) poliploidía.
D) monosomía.
E) trisomía.

14. Respecto a la gametogénesis masculina, indique las enunciados correctos.

I. Las espermatogonias proliferan por mitosis.
II. La meiosis se inicia en la pubertad.
III. La fase meiótica culmina con la formación de espermatozoides especializados.

A) solo I B) I y II C) I y III
D) II y III E) I, II y III

15. Respecto a la gametogénesis femenina, indique los enunciados correctos.

I. La fase meiótica se inicia en la pubertad.
II. Las ovogonias proliferan antes del nacimiento.
III. La culminación de la meiosis femenina requiere la fertilización.

A) solo I B) I y II C) I y III
D) II y III E) I, II y III

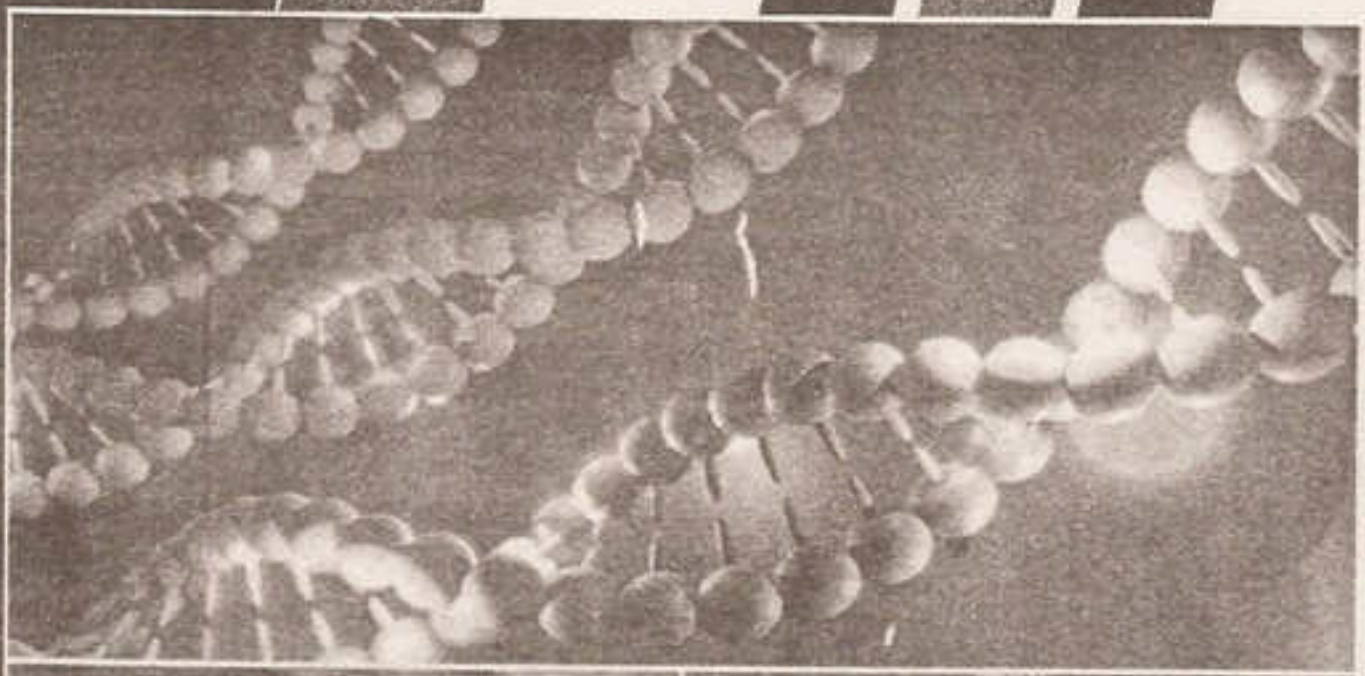
16. Durante la gametogénesis femenina, el ovocito primario detiene su división en la .....hasta la pubertad en que se retoma la meiosis.

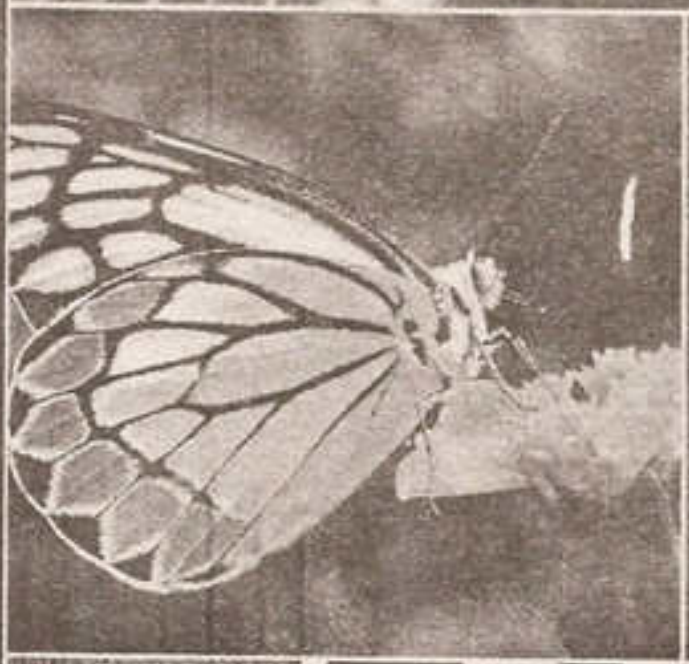
A) profase I: diplonema
B) metafase II
C) profase I: cigonema
D) metafase II
E) profase I: leptonema

Lumbreras Editores

Unidad

IV





Genética

Alex Dante Cayetano Miranda
Julio César Méndez Nina

twitter.com/calapenshko

CAPÍTULO X

CONCEPTOS BÁSICOS DE GENÉTICA

Introducción

La genética es un campo de estudio fascinante e importante. Conocer los procesos genéticos son esenciales para la comprensión de la vida, puesto que la información genética dirige el funcionamiento de la célula, determina la apariencia externa de un organismo y sirve de unión entre generaciones en todas las especies.

La palabra *genética* viene de 'genes', y son estos su objeto central de estudio. Pero ¿qué es un gen? Debemos saber que es un segmento de una molécula cintiforme, que se asemeja a una escalera de caracol, denominado ácido desoxirribonucleico (ADN), que pasa de generación en generación, y que de esta molécula dependen las características inherentes de cada especie.

Antiguamente, se pensaba que las jirafas provenían del cruce de caballos con leopardos, actualmente se sabe que provienen de ellas mismas. Ocurre que el ADN es capaz de producir copias de sí mismo, permitiendo que se generen y persistan, a lo largo del tiempo, nuevas réplicas de células y organismos.

Los genes no son inmutables, cambian a través del tiempo. A esta propiedad se le denomina mutabilidad, y es una de las bases de la evolución. Las mutaciones genéticas se relacionan con la variabilidad de las especies; así, podemos definir a la genética como el estudio de los genes a través de su variación.

La genética es el corazón de la biología. Sus descubrimientos han sido tan fundamentales, al punto de enlazar las diversas disciplinas biológicas, por ejemplo, la botánica para el mejoramiento de las variedades de fruta, la zoología en el mejoramiento de la raza, la paleontología para determinar el tipo de especie a la que pertenece un fósil, la embriología para conocer o descartar alguna anomalía cromosómica, la biología molecular en la regulación y control de la expresión del material genético, etc.

1▸ Definición

El origen etimológico de la palabra genética se forma de la unión de dos terminologías griegas: *genos* que se puede traducir como 'raza, nacimiento u origen' y el sufijo *-ikos* cuyo significado es 'relativo a'. Por tanto, estableciendo dicha unión y la correspondiente descripción del origen etimológico podemos determinar que el sentido literal de genética es el de aquello que es relativo al nacimiento o raza de un ser. La genética es una rama de la biología que estudia los mecanismos de la herencia, es decir, la trasmisión de características biológicas de una generación a otra (de los padres a los hijos); así también las leyes que rigen la herencia, sus bases moleculares y las variaciones que ocurren en la trasmisión de caracteres hereditarios.

2▸ Breve historia de la genética

El desarrollo de la estructura conceptual de la genética constituye una de las aventuras intelectuales más apasionantes y prodigiosas de la mente humana. Aunque la genética se inició con el redescubrimiento de las leyes de Mendel en 1900 y no fue hasta 1906 que el británico William Bateson acuñó el término y escribió el libro *Los principios mendelianos de la herencia*, los avances conceptuales del siglo XIX fueron fundamentales para el pensamiento genético posterior. Pero si indagamos hacia atrás descubriremos que una de las observaciones hechas por el hombre desde épocas primitivas es aquella que trata sobre la capacidad de los seres vivos para trasmitir sus características a la descendencia. Los hebreos, griegos y otros pueblos de la antigüedad aplicaron de manera empírica estas observaciones en la crianza del ganado y en la agricultura.

Hipócrates, quien fuera el primero en enseñar sobre la herencia, creía que en el semen del hombre se encontraban todos los elementos representativos del ser humano, incluso los adquiridos.

Aristóteles consideraba que el semen actuaba modelando la sangre materna en la formación del descendiente.

Platón promovió como política de estado la reproducción y el cuidado de aquellos individuos mejor dotados, impidiendo la reproducción de los esclavos.

Malpighi (1628-1694) retoma la teoría de la preformación, según la cual un organismo en forma de homúnculo está preformado en el óvulo o en el espermatozoide.

Linneo al realizar cruces con diversas especies obtuvo muchos híbridos; sin embargo, debido a su religiosidad no aceptaba la posibilidad de que se originen nuevas especies a partir de este procedimiento.

En 1761, Koelreuter publicó los resultados obtenidos en los cruces con plantas de tabaco.

Maupertuis (1752) estudió la transmisión hereditaria de la polidactilia y Nasse, en 1820, la hemofilia.

Mendel observó y analizó las características de las plantas de arveja de forma aislada.

Correns, Tschermak y Hugo de Vries llegaron a las mismas conclusiones que Mendel revalorando sus trabajos.

En 1941, Beadle y Tatum plantearon la correlación: un gen a una enzima; es decir, que un gen origina una enzima.

En 1953, James Watson, Francis Crick y Maurice Wilkins plantearon el modelo de la doble hélice para explicar la estructura del ADN. A partir de este modelo, el desarrollo de la genética ha sido vertiginoso, ya que revolucionó las ciencias biológicas.

3▸ Aplicación de la genética

Desde hace siglos atrás, se había aplicado el conocimiento empírico sobre la herencia en el aumento de la producción agrícola y ganadera en el cruzamiento de especies vegetales de grandes frutos y de especies animales productoras de mucha carne, leche o huevos. Actualmente, se trabaja en el mejoramiento genético de las especies.

La principal limitación que se sigue observando es que el conocimiento y los logros obtenidos no se encuentran al servicio de toda la humanidad, además de beneficiar a los grandes empresarios y países globalizados.

4▸ Conceptos básicos en el estudio de la genética

Gregorio Mendel, considerado el iniciador de la genética, acuñó algunos términos para utilizarlos en la descripción de sus experimentos, tales como generación P (parental), generación F_1 (1.ª filial), generación F_2 (2.ª filial), factor dominante y factor recesivo.

Con el paso de los años y los avances de la ciencia, se han ido sumando nuevos términos y conceptos tales como gen, alelos, carácter, cromosomas homólogos, locus, loci, genotipo, fenotipo, etc.

La trasmisión de caracteres de generación en generación ocurre cuando los organismos se reproducen y los descendientes se desarrollan manifestando las características heredadas.

4.1. Generación paterna o progenitores (P)

En la reproducción sexual típica participan dos progenitores: uno es el macho, representado con el símbolo de Marte ♂ (dios de la guerra), y el otro es la hembra, representada con el símbolo de Venus ♀ (diosa de la fecundidad). Los padres representaban, para Mendel, la generación P (paterna).

4.2. LA MOLÉCULA HEREDITARIA: EL ADN

Es importante saber que las características biológicas heredables son aquellas que se han ido desarrollando a lo largo de la evolución y que no dependen directamente de los procesos de socialización. El habla, el comportamiento social y sexual, la actitud para el deporte y las matemáticas no son heredables pues se adquieren según el estímulo recibido durante el desarrollo.

Las características biológicas heredables dependen de la existencia de un tipo especial de información a nivel molecular, contenida en las moléculas de ácido desoxirribonucleico o ADN. Cada organismo y la especie a la que pertenece poseen cierta cantidad de moléculas de ADN constituyendo así su material genético. En los eucariotas, el ADN se encuentra formando parte de la cromatina y, cuando esta se condensa, forma parte de los cromosomas.

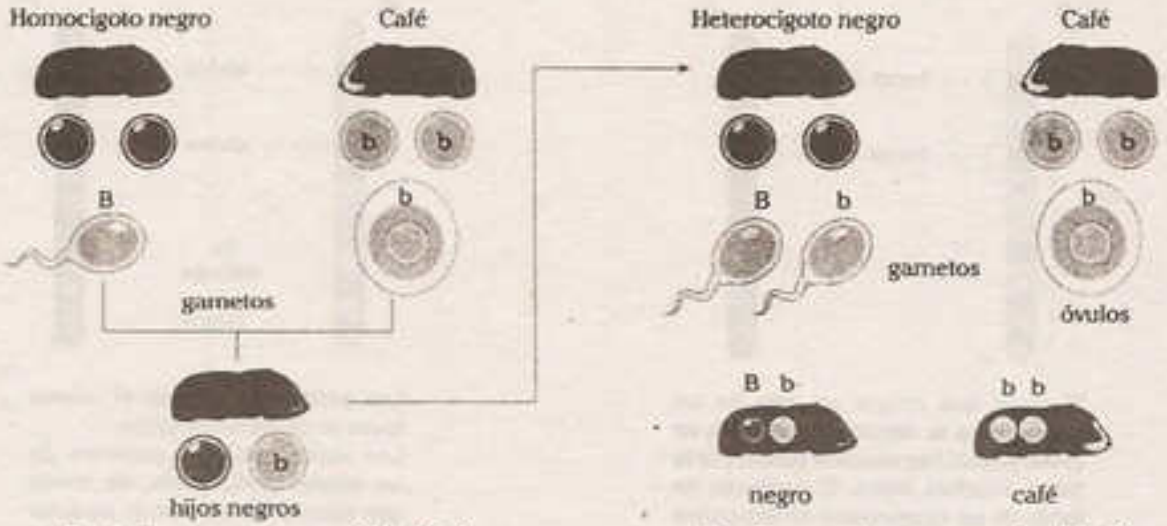
Los organismos que se reproducen sexualmente heredan a través de los gametos de sus progenitores los cromosomas, la cromatina y el ADN de sus progenitores. En cualquier caso, las cantidades heredadas de cada uno son equivalentes y en la misma proporción, es decir, cada individuo recibe la misma cantidad de información de cada progenitor. Por ello, en cada individuo, los segmentos de ADN, cromatina y cromosomas se encuentran en pares.

4.3. GAMETOS

Los progenitores forman células sexuales denominados gametos (que proviene de *gamos*; 'esposo'), estos contienen la información hereditaria que los padres van a transmitir a los descendientes después de la fecundación. El gameto masculino en los animales resulta ser una célula flagelada conocida como espermatozoide y el gameto femenino, inmóvil y ovoide, es denominado consecuentemente ovocito (huevo pequeño). En las plantas superiores, los gametos son los anterozoides, la ovocélula y la célula polar.

4.4. GENERACIÓN FILIAL (F)

Los gametos al fusionarse en el proceso de fecundación originan el huevo (cigote o zigoto), cuando este se desarrolla fuera o dentro del cuerpo de la hembra origina un individuo o hijo, que constituye la primera generación o generación F_1. La descendencia de la primera generación se denomina F_2.



F_1: (primera generación filial) F_2: (segunda generación filial)

El fenotipo representa los rasgos físicos de un individuo.

♂ Macho negro de pelo corto

♀ Hembra blanca de pelo largo

Generación P (paterna)

×

espermatozoide

óvulo

Los gametos portan cromosomas

Cuando los gametos se combinan para formar un cigoto, este y el embrión resultante tienen pares homólogos de cromosomas, pero en cada par un miembro será de origen materno y otro será paterno. Cada par portará genes alélicos.

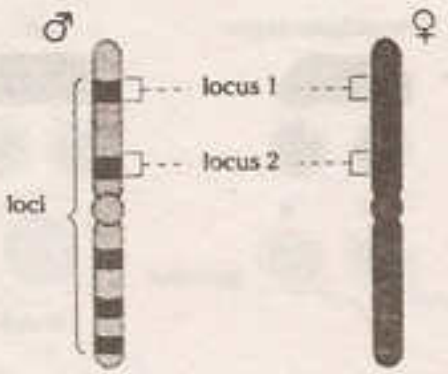
cigote

Generación filial 1 (F_1)

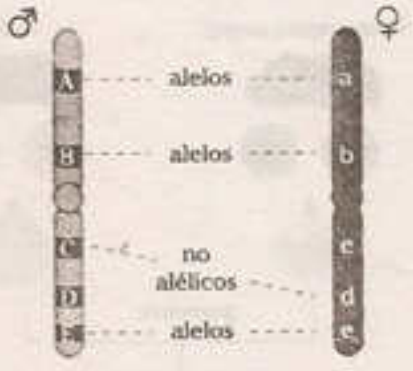
cuy negro de pelo corto

Cada célula diploide del cuy cuenta con dos juegos de cromosomas, el número 2n. Los miembros de un juego puedan parearse con los miembros del otro juego. Los miembros de un par dado corresponden en forma, dimensiones y tipo de información genética, y se denominan cromosomas homólogos.

Cromosomas homólogos



El lugar que ocupa un gen en un cromosoma se denomina locus. En un cromosoma, hay muchos genes; por lo tanto, muchos locus. El conjunto de locus de un cromosoma se denomina loci.



Los genes que ocupan el mismo locus se denominan alelos.
Los alelos codifican variantes de un mismo polipéptido, de modo que rigen el mismo tipo de carácter del organismo.

A todo el público en general:

El Proyecto Modo Scan+100, nace de una idea del **Team Calapenshko**, el cual es difundir todo aquel texto inédito que no esté circulando en la red.

Nuestro Grupo Calapenshko hace el mejor esfuerzo para digitalizar este libro, y así usted estimado lector pueda obtener la mejor experiencia que toda persona desea al abrir un libro.

Este proyecto llega gracias a las **donaciones que se pudo obtener de 100 personas** comprometidas con el proyecto **MODO SCAN+100**.

Este libro no debe ser prostituito monetariamente, este libro no debe ser coleccionado, este libro debe ser destruido analíticamente, así que te invito a leerlo.

No pagues por este libro de **circulación gratuita**, búscalo en la red.

Atentamente, el **GRUPO CALAPENSHKO**

18 de agosto del 2020

4.5. CROMOSOMA

Los cromosomas se definen como cuerpos de cromatina (ADN y proteínas) condensada.

Durante la reproducción, cada gameto es portador de la mitad del número cromosómico que caracteriza a una especie dada. Cuando se forma el cigoto en su núcleo, encontraremos pares de cromosomas morfológica y genéticamente similares. Cada par, que estará formado por uno de origen paterno y otro de origen materno, se denomina homólogo (que provienen de *homos*, 'igual'), de acuerdo con los postulados de la teoría cromosómica de Morgan. Los cromosomas son los cuerpos que portan los genes.

4.5.1. Locus

Es el término que usamos para decir dónde está localizado un gen específico en un cromosoma; en otras palabras, es el lugar físico que ocupa un gen dentro de los cromosomas.

4.5.2. Loci

Evidentemente, un cromosoma porta muchos genes y, por lo tanto, existen muchos locus. El conjunto de locus de un cromosoma se denomina loci.

4.6. GEN

Palabra griega que significa 'llegar a ser' o 'convertirse en algo'. Los genes, factores de la herencia, son las unidades que determinan la trasmisión de caracteres.

Según Banzer, se trata de un cistrón, es decir, un fragmento limitado de ADN, con una secuencia específica de nucleótidos, que por tener información codifica para la formación de un polipéptido.

4.6.1. Expresión de los genes

Durante el desarrollo de cada individuo, los genes se van expresando o manifestando, esto significa que se vuelven visibles o detectables los caracteres heredados.

El dogma central de la biología celular y molecular plantea que los genes se expresan cuando se elaboran polipéptidos (proteínas), que son los que participan en las actividades de las células y los organismos.

4.6.2. Alelos (genes alelomorfos)

Son las variantes hereditarias de un gen, es decir, segmentos de ADN que controlan un carácter biológico porque contienen información diferenciable en su expresión. Los alelos han surgido a lo largo de la evolución como consecuencia de mutaciones que han modificado la secuencia original de nucleótidos en el segmento de ADN.

Por ejemplo, supongamos que la madre aporta el gen para el color del cabello que puede ser negro, entonces el gen que debe aportar el padre también debe ser para el color de cabello, sin necesidad que sea negro, puede ser rubio, así que el hijo tendrá el color de cabello como el del padre o de la madre. De modo que concluimos que los genes que aportaron los padres son alelomórficos. Pero si la madre aporta el gen para el color del cabello, el gen del padre no puede ser para el color de los ojos; ya que no corresponden a la misma característica y por lo tanto son genes no alelomórficos.

Alelos paternos para	Alelos maternos para	Expresión de genes alélicos en la descendencia
cabello castaño (A)	cabello blanco (a)	cabello castaño (Aa)
labios gruesos (B)	labios delgados (b)	labios gruesos (Bb)
ojos azules (c)	ojos marrones (C)	ojos marrones (Cc)
cabello pico de viuda (D)	cabello sin pico de viuda (d)	cabello pico de viuda (Dd)
nariz aguileña (E)	nariz respingada (e)	nariz aguileña (Ee)

En los organismos diploides, con dos juegos cromosómicos, los caracteres biológicos son controlados en algunos casos por pares de alelos, es decir, genes que contienen información para una misma característica y localizados en el mismo locus de un par de cromosomas homólogos. Un par de alelos siempre está formado por uno que se hereda del padre y otro de la madre.

Alelos	Denominación	
Alelos dominantes	Se representan en letras mayúsculas, por ejemplo: A,B,C,D,E, ... etc.	
Alelos recesivos	Se representan en letras minúsculas, por ejemplo: a,b,c,d,e, ... etc.	
Alelos codominantes	Se denotan con dos letras, una base y su exponente, ambos en mayúscula. No hay recesividad.	negro: C^NC^N blanco: C^BC^B
Alelos dominancia incompleta		rojo: C^RC^R rosado: C^RC^B blanco: C^BC^B
Alelos múltiples	Existen más de 2 variantes de alelos que controlan un carácter, por ejemplo el grupo sanguíneo (G.S.).	grupo A: I^AI^A; I^Ai grupo B: I^BI^B; I^Bi grupo AB: I^AI^B grupo O: ii

4.7. GENOTIPO

Es la carga o constitución genética de un individuo, es decir, la clase de alelos que existen en sus células; a veces los dos alelos heredados son iguales, otras veces son diferentes, lo que da lugar a dos genotipos: genotipo homocigote (dominante o recesivo) y genotipo heterocigote (híbrido).

4.7.1. Genotipo homocigote o línea pura

Cuando los dos genes alelos son idénticos. Se les llama homocigote dominante cuando los dos son dominantes y se denotan, por ejemplo, AA. Otras veces, los dos genes son recesivos, a lo que se denomina homocigote recesivo y se denota, por ejemplo, aa. En los otros tipos de alelos se sigue el mismo patrón.

4.7.2. Genotipo heterocigote o híbrido

Cuando los dos genes alelos son diferentes. Por ejemplo, en el caso de uno dominante y otro recesivo, el primero se denota con letra mayúscula y seguidamente se representa al recesivo con letra minúscula, Aa. Si hay dos caracteres entonces será dihíbrido; tres, trihíbridos y así sucesivamente.

4.8. FENOTIPO

Es el resultado de la expresión de los genes alelos y su interacción con el medio ambiente. Se trata de las características observables, visibles y detectables de un organismo; tales como tamaño, forma, textura, color, brillo, olor, etc. Para determinar un fenotipo se pueden necesitar pruebas especiales; por ejemplo, para decir que una persona es del grupo sanguíneo A Rh positivo se requiere de un análisis de grupo sanguíneo.

El fenotipo que depende de alelos dominantes se denomina carácter dominante, mientras que el dependiente de alelos recesivos se denomina carácter recesivo.

Los hoyuelos en la mejilla corresponden a alelos dominantes, por eso hay una mayor probabilidad que se expresen en la descendencia.

La barbilla partida o mentón hendido es un rasgo hereditario determinado por un gen dominante, mientras que el recesivo se presenta sin esta hendidura.

El enrollamiento de la lengua en forma de U corresponden a los alelos dominantes, por eso tiene una mayor probabilidad que lo expresen la mayoría de personas.

Dominante	Recesivo
labios gruesos	labios delgados
cabello rizado	cabello lacio
hoyuelos faciales	sin hoyuelos faciales
pie plano	pie normal
pestañas largas	pestañas cortas
mentón hendido	sin mentón hendido
enrollamiento de lengua en U	sin enrollamiento de lengua en U
cabello en pico de viuda	cabello sin pico de viuda

4.9. TIPOS DE HERENCIA

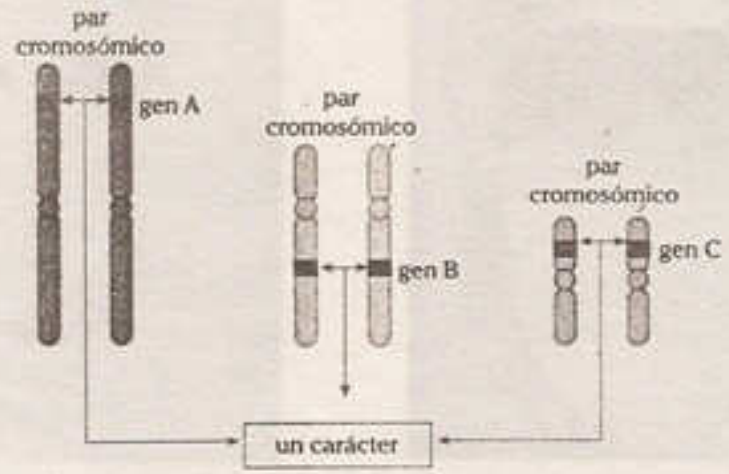
4.9.1. Herencia monogénica

Cuando un carácter es controlado por dos alelos, estos pueden ser dominantes, recesivos, dominante y recesivo, codominantes o de dominancia incompleta. Por ejemplo, en el hombre: la anemia falciforme y los hoyuelos en mejillas.

4.9.2. Herencia poligénica

Cuando un carácter depende de la intervención de dos o más pares de alelos. En los estudios de herencia, si bien muchos de los caracteres son analizados como controlados por un par de alelos, una gran cantidad de caracteres depende de la intervención de varios pares de genes alélicos. Por ejemplo, el color de la piel en el hombre, la producción y el contenido en grasa de leche, la fecundidad en animales, la estatura humana y la oviparidad en gallinas.

En estos casos, se observa la mayor variabilidad de la descendencia, debido al comportamiento de los alelos (los que pueden ser dominantes, recesivos, codominantes y de dominancia incompleta), inclusive pueden interactuar genes no alélicos. En humanos se observa en la altura, el lupus eritematoso sistémico, el peso, el color de ojos, la inteligencia, el color de la piel, etc.



En la herencia poligenica, varios genes participan en la expresión de un carácter.

4.9.3. Herencia ligada al sexo

Es la expresión de un alelo relacionado con el cromosoma sexual del individuo. Según la teoría cromosómica de la herencia de Morgan, los genes se localizan linealmente a lo largo de los cromosomas y los últimos son los cromosomas sexuales o gonosomas que corresponden al par 23. Estos cromosomas sexuales que difieren en el macho y en la hembra y la alteración de los genes o alelos que tienen sus loci en los cromosomas sexuales se encuentran ligados al sexo; por ejemplo, se presenta la hemofilia, el daltonismo, el síndrome de Duchenne, la ictiosis, etc.; los demás caracteres, cuyos alelos se sitúan en cromosomas no sexuales, se denominan autosómicos.

4.9.4. Herencia sanguínea

Es una clasificación de la sangre de acuerdo con las características presentes en la superficie de los glóbulos rojos y en el suero de la sangre. Para poder entenderlo mejor, podemos referirnos a las expresiones que relacionan los vínculos familiares con tener la misma sangre, esto ocurre cuando hablamos de consanguinidad al señalar a personas de una misma familia. Pero lo que se transmite de padres a hijos no es la sangre, sino los genes que determinarán sus grupos sanguíneos y el resto de caracteres hereditarios. Por ejemplo, tenemos al sistema ABO que determina los grupos sanguíneos A, B, AB y O.

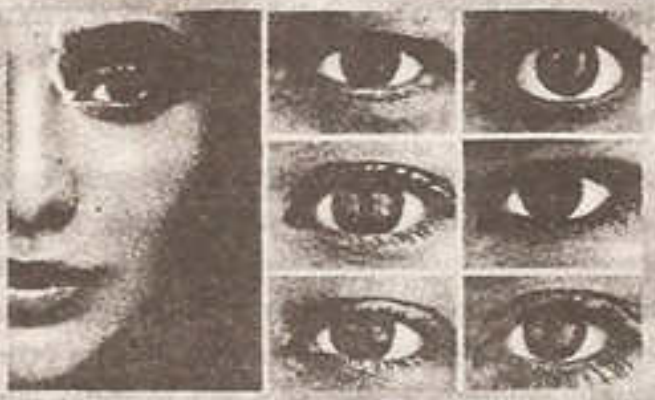
5▸ Distribución poblacional de los caracteres

Algunos caracteres biológicos están presentes en la mayoría de poblaciones, por lo que se les puede considerar como universales; otros en cambio, corresponden solo a una especie, incluso existen caracteres que están presentes en ciertas cepas, variedades, razas o grupos étnicos y hasta en grupos familiares con cierta relación de ascendencia.

En aquellos casos, donde el carácter corresponde a razas o grupos de poblaciones, se debe tomar en cuenta que el tipo de herencia es específica y no presuponer el comportamiento de los genes *a priori*. Por ejemplo, el color del pelo en los animales guarda su propio patrón de herencia en las distintas especies y razas. De igual manera ocurre con las plumas de las aves, el color de las flores, frutos y semillas. En el hombre, ciertas enfermedades y rasgos físicos son caracteres particulares.

LECTURA

La herencia del color de ojos: ¿a qué se debe su color?



El color de ojos es un rasgo genético que está determinado por la cantidad y la distribución de melanina en el iris, mediante un proceso complejo en el que intervienen varios genes. Las células del iris denominadas melanocitos, que además son responsables del color de la piel y el pelo, pueden producir dos tipos distintos de pigmento: eumelanina (marrón-negro) y feomelanina (rojo). En los ojos oscuros hay una abundancia de melanocitos y pigmento, particularmente eumelanina (marrón-negra). En contraste, los ojos azul claro tienen muy poca cantidad de pigmento. No existen los pigmentos azules como tal en nuestros ojos. En lugar de eso, los ojos de un individuo son azules debido a las fibras de colágeno blanco en el tejido conectivo del iris. Estas fibras dispersan la luz y hacen que el iris se vea azul. De esta forma, el iris azul es una consecuencia de la estructura, no de grandes diferencias en la composición química. Las diferentes tonalidades de marrón, azul y verde son determinadas por el grosor y densidad del iris y el grado de acumulación de las fibrillas de colágeno blanco.

El color de ojos está determinado por variaciones en los genes de las personas. Muchos de los genes asociados con el color de ojos están involucrados en la producción, transporte o almacenamiento del pigmento melanina. El color de ojos es directamente proporcional a la cantidad y calidad de la melanina en las capas frontales del iris. Como hemos comentado anteriormente, la gente con los ojos marrones tiene una gran cantidad de melanina en el iris mientras que la gente con los ojos azules tiene mucho menos de este pigmento. El marrón es el tipo más frecuente de color de ojos alrededor del mundo. Los ojos claros, como el azul y el verde se asocian a personas descendientes de ancestros europeos.

En un principio, los investigadores solían pensar que el color de ojos se determinaba por un solo gen y seguía un patrón de herencia simple donde el color de ojos marrón era dominante sobre el azul. Bajo este modelo, se creía que dos padres con los ojos azules no podían tener hijos con los ojos marrones. Sin embargo, los últimos estudios indican que este modelo es demasiado simple. Hoy en día se sabe que, aunque es poco común, dos padres con los ojos azules pueden tener un hijo con los ojos marrones. La herencia del color de ojos es mucho más compleja de lo que originalmente se sospechaba porque están implicados múltiples genes. En suma, aunque el color de ojos de un niño normalmente se puede predecir por el color de ojos de sus padres y otros parientes, las variaciones genéticas a veces producen resultados inesperados.

Adaptado de <https://genotipia.com/herencia-color-ojos/>.

Preguntas resueltas

Pregunta 1

Una pareja de esposos tiene tres hijos, el primero tiene 25 años, el segundo 22 y el tercero 15, además se sabe que la pareja tiene un nieto por parte del hijo mayor. Según estos datos, la segunda generación estaría representado por

A) el primer hijo.
B) el segundo hijo.
C) el tercer hijo.
D) todos los hijos.
E) el nieto.

Resolución

La generación filial es la descendencia producto de la reproducción, es así como todos los descendientes de la pareja corresponderían a la primera generación, aunque hayan nacido en diferentes tiempos y solo el nieto que es el hijo de su primogénito correspondería a la segunda generación.

Clave E

Pregunta 2

Las aplicaciones más conocidas del desarrollo de la genética son la biotecnología y la ingeniería genética, que utilizan los conocimientos genéticos para desarrollar nuevas técnicas y mejorar las antiguas en distintos campos, excepto en

A) el campo agrícola.
B) el tratamiento de enfermedades hereditarias.
C) la industria farmacéutica.
D) la cartografía de la flora amazónica.
E) la prueba de paternidad.

Resolución

La aplicación de la genética abarca varios campos como mejoramiento de las razas en animales y variaciones en plantas, prevención de enfermedades hereditarias, pruebas de paternidad, en casos criminalísticos, etc., y en cuanto a la cartografía no influye en su desarrollo porque la cartografía se encarga de reunir, realizar y analizar medidas y datos de regiones de la Tierra, para representarlas gráficamente con diferentes dimensiones.

Clave D

Pregunta 3

Los alelos codifican variantes de un mismo polipéptido, de modo que rigen el mismo tipo de carácter del organismo; según esto, indique cuál de las siguientes alternativas no corresponde a un ejemplo de alelos.

A) cabello castaño - cabello blanco
B) labios gruesos - labios delgados
C) ojos azules - ojos marrones
D) bigotes cortos - bigotes en punta
E) nariz aguileña - nariz respingada

Resolución

Los alelos son variantes de genes que determinan una característica, donde uno proviene del padre y otro de la madre así que el alelo que transmite el padre debe ser homólogo a la que transmite la madre para que se determine una característica. Por ejemplo, el cabello castaño y el cabello blanco hacen referencia al color del cabello por ende son alelos; y la nariz aguileña y la nariz respingada también son alelos porque ambos corresponden a la forma de la nariz.
En cambio podemos observar que en bigotes cortos y bigotes en punta no son alelos porque bigotes cortos se refiere al tamaño y eso ya es una característica, mientras que bigotes en punta se refiere a la forma del bigote que es otra característica, por eso no son considerados alelos.

Clave D

Pregunta 4

Durante la reproducción, cada gameto es portador de la mitad del número cromosómico que caracteriza a una especie dada y cuando se forma el cigoto, encontraremos pares de cromosomas morfológica y genéticamente similares denominados

A) codominates.
B) homólogos.
C) múltiples.
D) dobles.
E) alelos.

Resolución

Los cromosomas que provienen tanto del padre como la madre que contiene el cigote producto de la fecundación se denominan homólogos, ya que contienen información para determinar una o varias características según el locus en que se encuentren.

Clave B

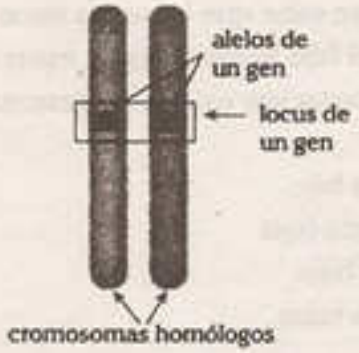
Pregunta 5

La producción de la insulina fue factible gracias al avance de la genética de manera más especifica por la ingeniería genética que ubica al gen productora de la insulina de las células pancreáticas para poder extraerlas e incorporarlas a bacterias, y de esta manera producir insulina. Según esto la ubicación del gen productora de la insulina que hace referencia la información anterior corresponde

A) a los alelos.
B) al loci.
C) al locus.
D) al ADN.
E) al cromosoma

Resolución

La ingeniería genética es un campo de la ciencia que esclarece la organización del gen, así como su localización en regiones específicas de los cromosomas, y permite manipularlos; por ello se puede extraer el gen deseado que en este caso sería el de la insulina, además sabemos que las regiones específicas corresponden al locus como lo podemos apreciar en el gráfico.



Clave C

Pregunta 6

María está cuidando a su hermanito que le encargó su madre antes de entrar a una tienda, pero al poco tiempo sin que María se diera cuenta su hermanito se pierde, al ocurrir esto llama a la madre que sin pensarlo da aviso al vigilante para que lo ayude mencionando todos los rasgos físicos de su hijo. Después de un tiempo el niño fue encontrado. ¿Cómo fue posible hallar al niño perdido?

A) Los vigilantes fueron muy eficientes.
B) Por el fenotipo que la madre dio al vigilante.
C) Por el genotipo que determinó su rápido encuentro.
D) Por la prueba de ADN del niño con la madre.
E) Por María que lo buscó exhaustivamente.

Resolución

Cuando el niño se perdió y la madre dio al vigilante los rasgos característicos de su hijo, o sea, el fenotipo, permitio al vigilante dar las indicaciones al personal para buscar al niño con esas características y no confundirlo con cualquier otro niño.

Clave B

Pregunta 7

Un científico está investigando el gen que causa el tumor en plantas herbáceas y descubre la ubicación de un fragmento de ADN que codifica este tumor, por lo que prosigue a bloquear este fragmento y evitar que el tumor se exprese en estas plantas herbáceas. Se puede deducir que lo que ha ubicado el científico es

A) el fragmento del ADN causante del tumor.
B) el loci de los genes causantes del tumor.
C) el gen causante del tumor.
D) al locus del gen causante del tumor.
E) el espacio donde se aloja el cromosoma del tumor.

Resolución

La investigación que realiza el científico hace referencia a la ubicación del gen que causa el tumor en plantas herbáceas por lo tanto se precisa que se trata del locus o espacio físico donde se encuentra el gen del tumor.

Clave D

Pregunta 8

La carga o constitución genética de un individuo en interaccion con el medio ambiente constituye su

A) fenotipo.
B) genotipo.
C) locus.
D) cromosoma.
E) loci.

Resolución

La carga genética o genotipo contiene la información hereditaria, pero la interaccion con el espacio físico donde vive determinará su fenotipo, que es la expresión del genotipo.

Clave A

Pregunta 9

Los fenotipos labios gruesos, cabello negro, cabello rizado son dominantes. Determine su expresión de forma respectiva si se sabe que son homocigóticos.

A) AA, BB, Cc
B) Aa, bb, cc
C) AA, BB, CC
D) Aa, Bb, Cc
E) aa, bb, cc

Resolución

Los fenotipos expresan al genotipo que estarán determinados por alelos, por eso para los labios delgados será AA; cabello negro, BB y para cabello rizado, CC. Todos son homocigotes dominantes.

Clave C

Pregunta 10

Muchos caracteres son gobernados por el efecto acumulativo de varios genes, y se denomina

A) alelos multiples.
B) poligenia.
C) codominacia.
D) herencia incompleta.
E) monogenia.

Resolución

Cuando un carácter depende de la intervención de dos o más pares de genes alélicos y muestra una herencia con variaciones continuas es porque está controlada por el efecto aditivo y se denomina poligenia.

Clave B

Lumbreras Editores

Preguntas propuestas

1. María es una estudiante del curso de Biología y su profesor le dice que describa un rasgo característico de su compañero, ella lo describe mencionando cabello lacio, por lo tanto, esta descripción correspondería a su

A) genotipo.
B) medio ambiente.
C) fenotipo.
D) alelo.
E) genotipo dominante.

2. Indique cuál de las siguientes alternativas corresponden a la expresión de genes alelomórficos.

A) bigotes largos - bigotes en punta
B) cabello rizado - cabello negro
C) nariz aguileña - labios delgados
D) labios gruesos - labio leporino
E) ojos verdes - ojos marrones

3. Si la genética contribuye al desarrollo y producción a gran escala de insulina, factores de coagulación, antiretrovirales, etc., para personas enfermas, entonces podemos decir que la importancia es

A) médica.
B) farmacéutica.
C) agrícola.
D) ganadera.
E) en criminalística.

4. Un chícharo de talla alta heterocigote se cruza con uno de talla baja y se obtienen algunos descendientes de talla alta. Por lo tanto, la representación del cruce de los genotipos de los progenitores son, respectivamente,

A) aa × Aa.
B) PP × pp.
C) Aa × cc.
D) BB × Bb.
E) Bb × bb.

5. El establecimiento de la paternidad, en caso de problemas judiciales, puede solucionarse de manera más precisa mediante

A) la prueba sanguínea.
B) la prueba fenotípica.
C) la prueba del ADN.
D) los rasgos de padre e hijo.
E) las pruebas del cabello.

6. Se sabe que un individuo contiene muchos genes que se encuentran en un determinado espacio, a todo ese conjunto de espacios se les denomina

A) cromosoma.
B) locus.
C) genes.
D) alelos.
E) loci.

7. Indique en forma consecutiva la denotación de los alelos que constituyen a la nariz respingada, pico de viuda y labios delgados si se sabe que la nariz respingada y labios delgado son recesivos.

A) AA, bb, CC
B) AA, BB, CC
C) aa, Bb, cc
D) Aa, Bb, Cc
E) Aa, Bb, cc

Lumbreras Editores

8. ¿Cuál de las siguientes alternativas correspondería al cruce de un individuo con fenotipo dominante para el enrollamiento de la lengua si presenta alelos diferentes y otro que no puede enrollar la lengua que se encuentra en homocigosis?

A) AA × BB
B) AA × Aa
C) Aa × bb
D) Aa × aa
E) aa × aa

9. Un niño se asombra al ver a otro niño que tiene hoyuelos en la mejilla y le dice a su mama que el niño que ha visto tiene hoyuelos en la cara, la madre ve al niño y se ríe. La madre puede identificar al niño que hace referencia su hijo porque

A) su hijo le dice un fenotipo del niño que vio.
B) la madre conoce al niño que menciona su hijo.
C) su hijo le menciona el genotipo del niño que vio.
D) su hijo le señaló quién era el niño que vio.
E) la madre es genetista experta.

10. Los siguientes genotipos:
rojo: C^RC^R
rosado: C^RC^B
blanco: C^BC^B
se denotan con dos letras, una base y su exponente, ambos en mayúscula, y corresponden a

A) alelos múltiples.
B) herencia poligénica.
C) herencia sanguínea.
D) herencia codominante.
E) herencia intermedia.

11. Si un individuo, que expresa un fenotipo dominante para un carácter se cruza con otro, que expresa un fenotipo recesivo, resulta una descendencia con fenotipos diferentes. Indique el genotipo de uno de los progenitores.

A) AA
B) AB
C) homonigote dominante
D) hemicigote
E) aa

12. El color de las flores en arvejas está determinado por dos alelos dominantes (color rojo púrpura) y recesivo (blanco). Si se cruzan dos plantas de flores púrpuras y en la descendencia se observan plantas con flores púrpuras y plantas con flores blancas, entonces se deduce que

A) todos los descendientes son heterocigotos.
B) los progenitores son homocigotos dominantes.
C) todos los descendientes son homocigotos.
D) los progenitores son heterocigotos.
E) las flores blancas son heterocigotos.

13. Se han cruzado dos periquitos uno de color amarillo híbrido y otro de color verde, a lo largo de varios años se han producido, 18 descendientes de color amarillo y 17 de color verde. Señale la alternativa correcta.

A) Los progenitores son de líneas puras.
B) Los periquitos de color amarillo son recesivos.
C) Todos los hijos son homocigotos.
D) Los genotipos de los progenitores son AA × aa.
E) Los periquitos verdes son de raza pura recesiva.

Lumbreras Editores

14. Si un individuo tiene el siguiente genotipo: AA, BB, cc y DD, se dice que es

A) heterocigótico.
B) de raza pura u homocigótico.
C) de raza pura o heterocigótico.
D) híbrido u homocigótico.
E) de línea pura híbrida.

15. El pelo rizado, en los perros, domina sobre el pelo liso. Una pareja de perros de pelo rizado tuvo un cachorro de pelo también rizado y se quiere saber si es heterocigoto, así que para saberlo, el cachorro debe presentar el genotipo

A) AA.
B) Aa.
C) aa.
D) aB.
E) ab.

16. La hemofilia y el daltonismo son caracteres cuyos alelos tienen sus loci en los cromosomas que difieren en el macho y en la hembra. Según el tipo de herencia se denomina

A) poligénica.
B) ligada al sexo.
C) sanguínea.
D) monogénica.
E) híbrida.

17. En la antigüedad se promovía como política de Estado la reproducción y el cuidado de aquellos individuos mejor dotados, marginando e impidiendo que los esclavos se reprodujeran. Este hecho fue propuesto por

A) Aristóteles.
B) Hipócrates.
C) Sócrates.
D) Platón.
E) Malpighi.

18. Las unidades hereditarias que contienen la información para especificar un aminoácido se denominan

A) ADN.
B) locus.
C) cromosomas.
D) genes.
E) cromatina.

19. Juan Carlos tiene dos hijos, el mayor se llama Sebastián y el menor se llama César. Sebastián está casado y tiene una hija llamada Kaori. Según el enunciado anterior, podemos decir que la primera y segunda generación serían, respectivamente,

A) Juan Carlos y Sebastián.
B) Sebastián y César.
C) los hijos de Juan Carlos y Kaori.
D) la hija de Sebastián y César.
E) Juan Carlos y Kaori.

Lumbreras Editores

twitter.com/calapenshko

CAPÍTULO XI

HERENCIA MENDELIANA

Objetivos

- Comprender los principios que rigen la herencia de los caracteres biológicos.
- Diferenciar las tipos de herencia simple para uno o dos caracteres.
- Interpretar las leyes de Mendel utilizando el tablero de Punnett.

Introduccion

La herencia o la transmisión de información genética de los progenitores a los descendientes se caracterizan por su notable regularidad, con patrones predecibles. Las reglas básicas de la herencia en los eucariontes fueron descubiertas por Gregorio Mendel, por eso es considerado el padre de la genética. Mendel realizó una serie de investigaciones relacionada a la herencia genética mediante el análisis de guisantes, estableciendose de esta forma las leyes de Mendel, conocidas como herencia mendeliana. Este botánico había cultivado cerca de 28000 plantas de guisante, lo que le llevó a formular dos generalizaciones sobre cómo se trahsmite la información genética basada en la expresión del genotipo. Entre otras cosas descubrió que las distintas variedades de guisantes tienen propiedades particulares intrínsecas que, al mezclarse, producen eventualmente nuevas especies de plantas como unidades independientes.

El mayor mérito de Mendel fue su modo de abordar sus trabajos; observó y analizó las características de las plantas de arveja de forma aislada, a diferencia de los anteriores experimentos que habían tomado en cuenta los caracteres generales. Mendel fue el primer científico en aplicar de manera eficaz métodos cuantitativos al estudio de la herencia. Lo que hizo no fue solo describir sus observaciones, sino que planteó con sumo cuidado sus experimentos, registró los datos y sometió los resultados a un análisis matemático.

Sus estudios sentaron las bases para el descubrimiento de la actividad hereditaria de genes, cromosomas y la división celular, además su trayectoria evidencia que el estudio de la genética como rama biológica tiene un crecimiento exponencial. Sus aportes sobre la evolución de las especies y sobre dar soluciones a problemas congénitos o enfermedades resultan su mayor ventaja a pesar de que algunos experimentos van de la mano de controversias a nivel ético y filosófico.

A todo el público en general:

El Proyecto Modo Scan+100, nace de una idea del **Team Calapenshko**, el cual es difundir todo aquel texto inédito que no esté circulando en la red.

Nuestro Grupo Calapenshko hace el mejor esfuerzo para digitalizar este libro, y así usted estimado lector pueda obtener la mejor experiencia que toda persona desea al abrir un libro.

Este proyecto llega gracias a las **donaciones que se pudo obtener de 100 personas** comprometidas con el proyecto **MODO SCAN+100**.

Este libro no debe ser prostituito monetariamente, este libro no debe ser coleccionado, este libro debe ser destruido analíticamente, así que te invito a leerlo.

No pagues por este libro de **circulación gratuita**, búscalo en la red.

Atentamente, el **GRUPO CALAPENSHKO**

18 de agosto del 2020

1▸ Principios y leyes de Mendel

Gregorio Mendel no fue el primero en realizar cruzamientos de plantas, sino que ya había conocimiento de vegetales y animales híbridos (descendientes de dos progenitores genéticamente distintos). Cuando Mendel comenzó sus experimentos de cruzamiento en 1856, ya eran ampliamente reconocidos dos hechos importantes acerca de la herencia: el primero era que todas las plantas híbridas con los mismos dos tipos de progenitores tienen el mismo aspecto, y el segundo era que cuando los híbridos se aparean, el resultado ya no es el mismo: su descendencia presenta una mezcla de rasgos. Algunos de sus hijos se parecen a ellos y otros tienen característica de los abuelos. El ingenio de estas investigaciones radica en la capacidad de reconocer un patrón en la forma en que los rasgos paternos reaparecen en la descendencia de los híbridos. Nadie antes había clasificado y contado la descendencia ni tampoco habían analizado estos patrones regulares en el transcurso de varias generaciones.

Mendel estudió la herencia de siete características diferentes en los guisantes, que incluyen altura, color de la flor, color y la forma de la semilla. Para ello, primero estableció líneas de guisantes con dos formas diferentes de una característica, como tamaño grande frente a baja. Cultivó estas líneas por generaciones hasta que fueron genéticamente puras (siempre producen descendientes idénticos a los padres), luego las cruzó y observó cómo se heredaban los rasgos.

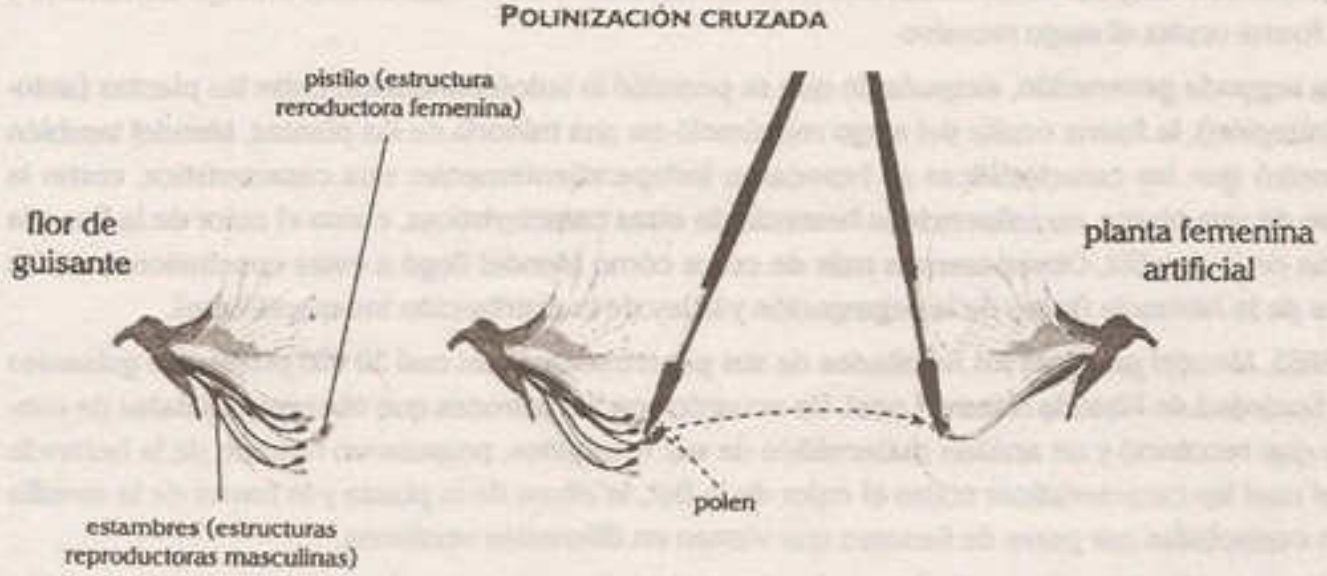
Las ventajas que tomó en cuenta para elegir a los chícharos o guisantes fueron los siguientes:

- Fácil disposición de muchas variedades que se podían cultivar.
- Los guisantes tienen flores que se autofertilizan.
- Resulta relativamente fáciles realizar polinizaciones controladas.

Los 7 caracteres estudiados por Mendel en *Pisum sativum*

SEMILLA		VAINAS			TALLOS	
Forma	Color	Color de la cubierta	Forma	Color	Posición de la flor	Tamaño del tallo
redonda	amarilla	gris	lisa	verde	axial	largo
arrugada	verde	blanca	arrugada	amarilla	terminal	corto

En sus experimentos, Mendel extrajo todos los estambres de las flores de un grupo de plantas para convertirlas en femeninas, para polinizarles con polen de otras plantas y así obtener la F_1. Para obtener la F_2, dejó que las plantas de la F_1 se autopolinizaran.



Mendel terminó por elegir cepas con siete pares de rasgos que constrastaban con claridad: semilla amarilla o verde, semilla lisa o rugosa, vaina verde o amarilla, planta alta o baja, vaina inflada o estrecha, epispermo blanco o gris y floración en el extremo de los tallos o a todo lo largo de ellos. Otros cultivadores solían estudiar híbridos entre progenitores que diferían en muchos rasgos, algunos de los cuales no eran fáciles de distinguir. Los resultados de Mendel fueron mucho más fáciles de analizar en virtud de que él eligio fenotipos claramente distinguibles y limitó la variación genética estudiada en cada experimento.

Carácter	Dominante	Recesivo
Forma de la semilla	lisa (redonda)	rugosa (arrugada)
Color de semilla	amarillo	verde
Posición de la flor en el tallo	axial - a lo largo del tallo	terminal - en la punta
Color de la cubierta de la semilla	gris	blanca
Forma de la vaina o fruto	lisa (inflada)	rugosa (arrugada)
Color de la vaina	verde	amarillo
Tamaño del tallo	alto (largo)	bajo (corto)

El carácter del color de la flor de las arvejas también fue estudiado por Mendel, pero no lo consideró carácter dominante ni recesivo.

Además de registrar cómo se veían las plantas en cada generación, Mendel contó el número exacto de plantas que mostraban cada rasgo. Sorprendentemente, encontró patrones muy similares de herencia para las siete características que estudió:

Una forma de una característica, como alta, siempre ocultó a la otra forma, como baja, en la primera generación después del cruzamiento. Mendel denominó a la forma visible el rasgo dominante y a la forma oculta el rasgo recesivo.

En la segunda generación, después de que se permitió la autofecundación entre las plantas (autopolinización), la forma oculta del rasgo reapareció en una minoría de las plantas. Mendel también encontró que las características se heredaron independientemente: una característica, como la altura de una planta, no influenció la herencia de otras características, como el color de la flor o la forma de la semilla. Observaremos más de cerca cómo Mendel llegó a estas conclusiones en las leyes de la herencia (la ley de la segregación y la ley de la distribución independiente).

En 1865, Mendel presentó los resultados de sus experimentos con casi 30 000 plantas de guisantes a la Sociedad de Historia Natural Local. De acuerdo con los patrones que observó, los datos de conteos que recolectó y un análisis matemático de sus resultados, propuso un modelo de la herencia en el cual las características como el color de la flor, la altura de la planta y la forma de la semilla eran controladas por pares de factores que vienen en diferentes versiones.

- Una versión de un factor (la forma dominante) podía enmascarar la presencia de otra versión (la forma recesiva).
- Los dos factores apareados se separan durante la producción del gameto, de forma que cada gameto (espermatozoide u óvulo) recibió aleatoriamente solo un factor.
- Los factores que controlaban diferentes características se heredaron independientemente uno de otro.

En 1866, Mendel publicó sus observaciones y su modelo de la herencia, con el título Experimentos sobre hibridación de plantas, en las Actas de la Sociedad de Historia Natural de Brünn. De acuerdo con datos muy recientes, también experimentó con ratones; sin embargo, sus trabajos no fueron publicados por cierto pudor religioso.

1.1. MENDEL CONTRA LAS IDEAS PREDOMINANTES DE SU ÉPOCA (HERENCIA DE MEZCLA)

El trabajo de Mendel como legado científico pasó inadvertido por la comunidad científica durante su vida. En parte los contemporáneos de Mendel no reconocieron la importancia de su trabajo porque sus hallazgos iban en contra de las ideas predominantes (populares) sobre la herencia. Además, aunque ahora vemos el uso que hizo Mendel de las matemáticas en la biología como innovador y vanguardista, resultaba nuevo, desconocido y quizá confuso o no intuitivo para otros biólogos de la época.

A mediados de 1800, cuando Mendel estaba haciendo sus experimentos, la mayoría de los biólogos simpatizaban con la idea de herencia de mezcla. La herencia de mezcla no era una hipótesis científica formal, sino más bien un modelo general en el cual la herencia implicaba la mezcla permanente de las características de los padres en sus descendientes y producía descendencia con una forma intermedia de una característica. El modelo de mezcla encajaba bien con algunas observaciones de la herencia humana; por ejemplo, los niños a menudo se ven un poco como ambos de sus padres.

Pero el modelo de mezcla no podía explicar por qué Mendel cruzó una planta de guisantes baja y una alta, y obtuvo solamente plantas altas o por qué la autofecundación de una de esas plantas altas produciría plantas altas y bajas en la siguiente generación. En cambio, si el modelo de mezcla fuera correcto, una planta alta cruzada con una baja debería producir una planta mediana, que a su vez produciría más plantas medianas.

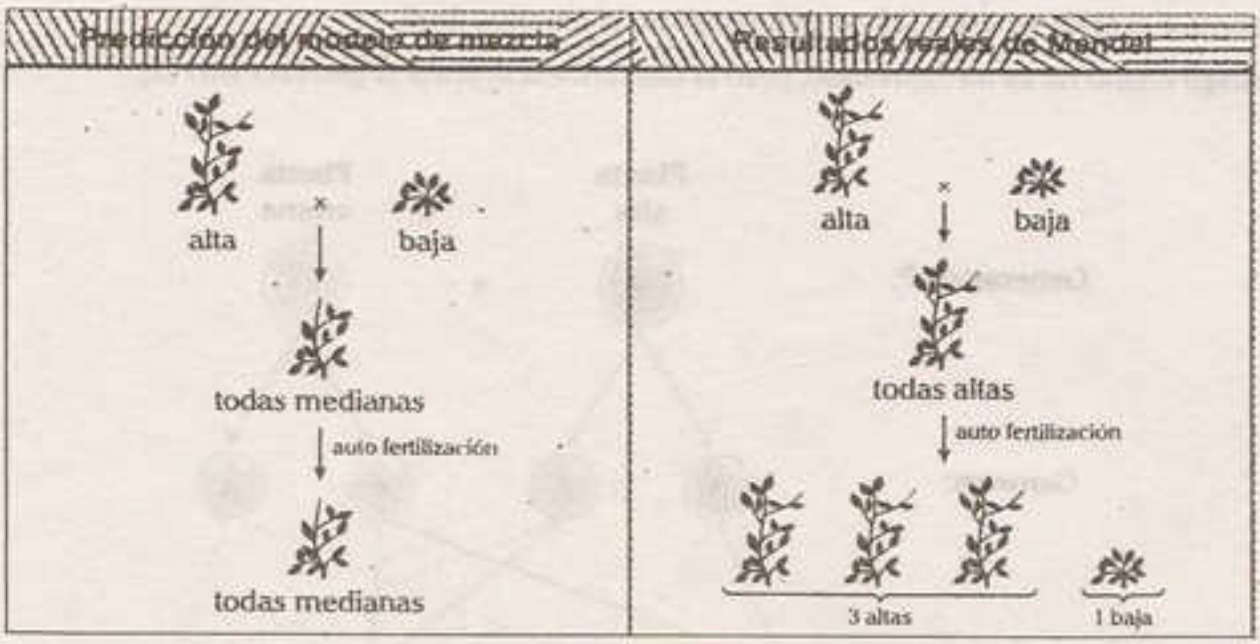


Imagen que compara las predicciones del modelo de mezcla con los resultados reales de Mendel para un cruzamiento entre una planta de guisantes alta y una planta de guisantes baja.

Podemos concluir que el modelo de mezcla predice que todos los descendientes de los cruzamientos deben ser de altura mediana y que si esos descendientes se autofecundan, todas las plantas en la siguiente generación también serán de altura mediana.
Mendel, en cambio, observó que todos los descendientes del cruzamiento eran altos y que cuando se autofecundaron, produjeron plantas altas y bajas en una razón de 3:1.

1.2. PRINCIPIO DE LA UNIFORMIDAD Y LA RECIPROCIDAD

Del cruce de dos líneas puras, la primera generación filial (F_1) estará formada por individuos idénticos que presentan solo uno de los caracteres alternativos paternos, cualquiera que sea la dirección del cruce.

Como hemos visto, Mendel tomó plantas altas (trepadoras) y plantas enanas (matas) de línea pura, es decir, homocigotes, para realizar cruzamientos entre estos dos grupos de plantas. Obtuvo así una descendencia F_1, donde todas las plantas eran altas (trepadoras).

Generación P: planta alta×planta enana

Generación F_1: plantas altas

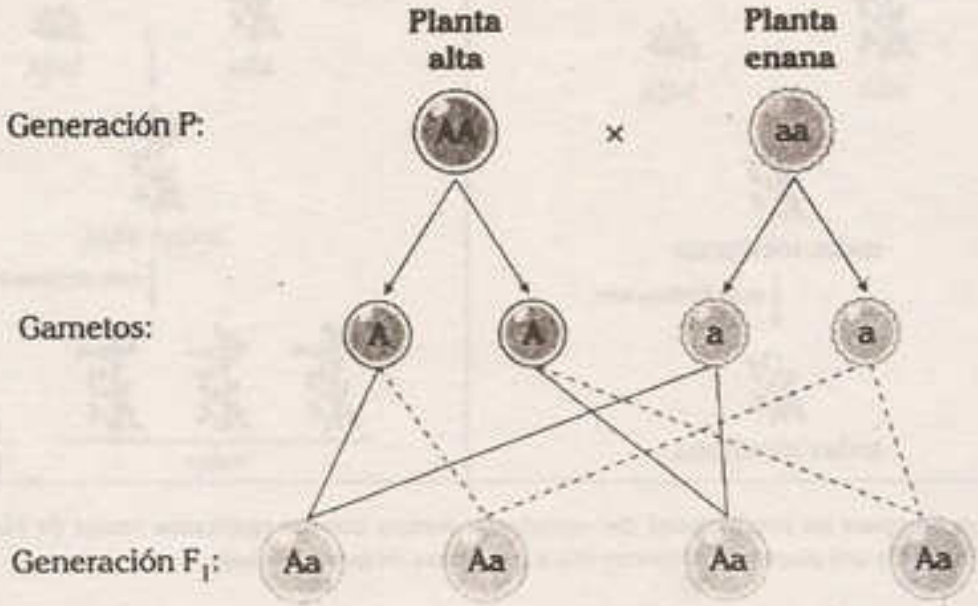
A esta clase de apareamiento se le llama cruce monohíbrido, ya que es solo para una característica; en este caso, la talla de la planta.

En la generación F_1 formada, las plantas altas eran más altas que la generación P.

¿Cómo se explica que del cruce de dos plantas, una alta y una enana, se den descendientes solo plantas altas? ¿Qué sucedió con el carácter bajo o enano?

La explicación se encuentra en que los individuos cruzados de la generación paterna (P) son homocigotes. La planta alta es homocigote dominante (AA), mientras que la planta enana homocigote recesiva (aa). El resultado del cruce genera heterocigotes (Aa), donde el alelo dominante (A) se expresa y el alelo recesivo (a) no se expresa en el fenotipo final.

El rasgo enano no se ha expresado, pero la descendencia porta el gen recesivo (a).



Los resultados del cruzamiento son la F_1 (primera generación) y se expresan de la siguiente forma:

Genotipo Proporción genotípica Probabilidad porcentual genotípica	 4/4 Aa (Heterocigotas) 100% Aa (Heterocigotas)
Fenotipo Proporción fenotípica Probabilidad porcentual fenotípica	 4/4 altas 100% altas

1.3 LEY DE LA SEGREGACIÓN Y PUREZA DE LOS GAMETOS

También es conocida como ley de la disyunción. Mendel la planteó así: *Los caracteres hereditarios están controlados por pares de factores hereditarios, los cuales se separan durante la formación de gametos.*

Actualmente, se plantea de la siguiente forma: *Los dos miembros de una pareja genética se distribuyen separadamente entre los gametos, de modo que la mitad de gametos lleva un miembro de la pareja y la otra mitad el otro.*

Mendel tomó dos plantas de la F_1 y las cruzó obteniendo una F_2, donde el 75% de las plantas era alta y el 25% enana, es decir, se daba una relación 3:1.

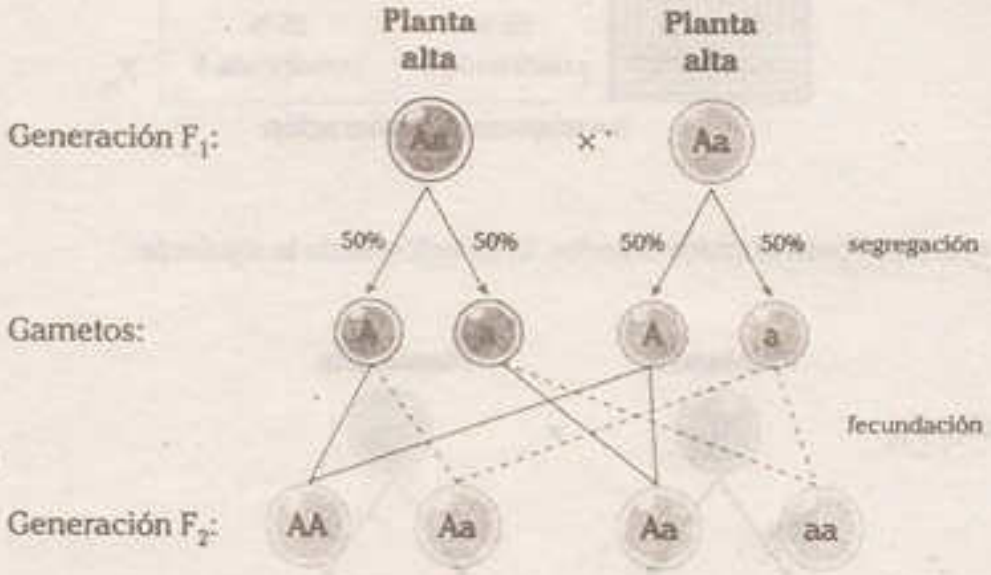
Generación F_1: planta alta×planta alta

Generación F_2: 75% plantas altas, 25% plantas enanas

¿Cómo se explica que del cruce de dos plantas altas se obtenga como descendientes plantas enanas?

La explicación se encuentra en que los individuos cruzados de la F_1 eran heterocigotes (Aa).

De acuerdo con la ley de la segregación los gametos serían el 50% con el factor dominante (A) y el 50% con el factor recesivo (a). Al producirse las fecundaciones, tres de las cuatro posibilidades llevan por lo menos un gen dominante, por lo que son altas, pero uno resulta ser homocigote recesivo (aa) y manifiesta el fenotipo de planta enana.



Los resultados del cruzamiento son la F_2 (segunda generación) y se expresa de la siguiente forma:

Genotipo					
Proporción genotípica	1/4 AA	:	2/4 Aa	:	1/4 aa
Probabilidad genotípica	1/4 AA	:	1/2 Aa	:	1/4 aa
Probabilidad porcentual genotípica	25% AA	:	50% Aa	:	25% aa
Relación genotípica	1AA	:	2Aa	:	1aa
Fenotipo					
Proporción fenotípica	3/4 altas	:	1/4 enanas		
Probabilidad fenotípica	3/4 altas	:	1/4 enanas		
Probabilidad porcentual fenotípica	75% altas	:	25% enanas		
Relación fenotípica	3 altas	:	1 enana		

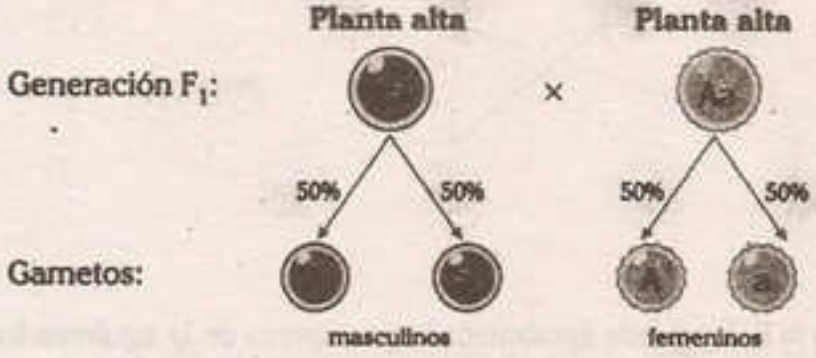
4.2. RETROCRUZAMIENTO CON EL RECESIVO lo el tablero de Punnett, denominado así en honor al genetista que lo propuso. El tablero de Punnett es un conjunto de cuadrículas que se utiliza para realizar las posibilidades de fecundación de una forma ordenada.

El tablero de Punnett cuenta con la siguiente estructura:

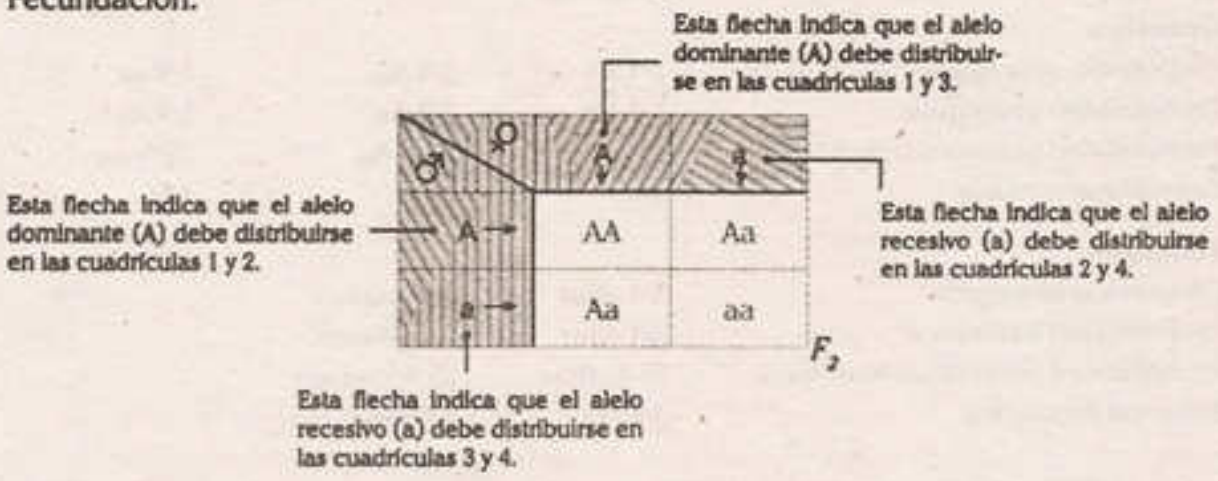
EL TABLERO DE PUNNETT

n=número de generación

Si utilizamos el tablero para el cruce anterior, la solución sería la siguiente:



Fecundación:



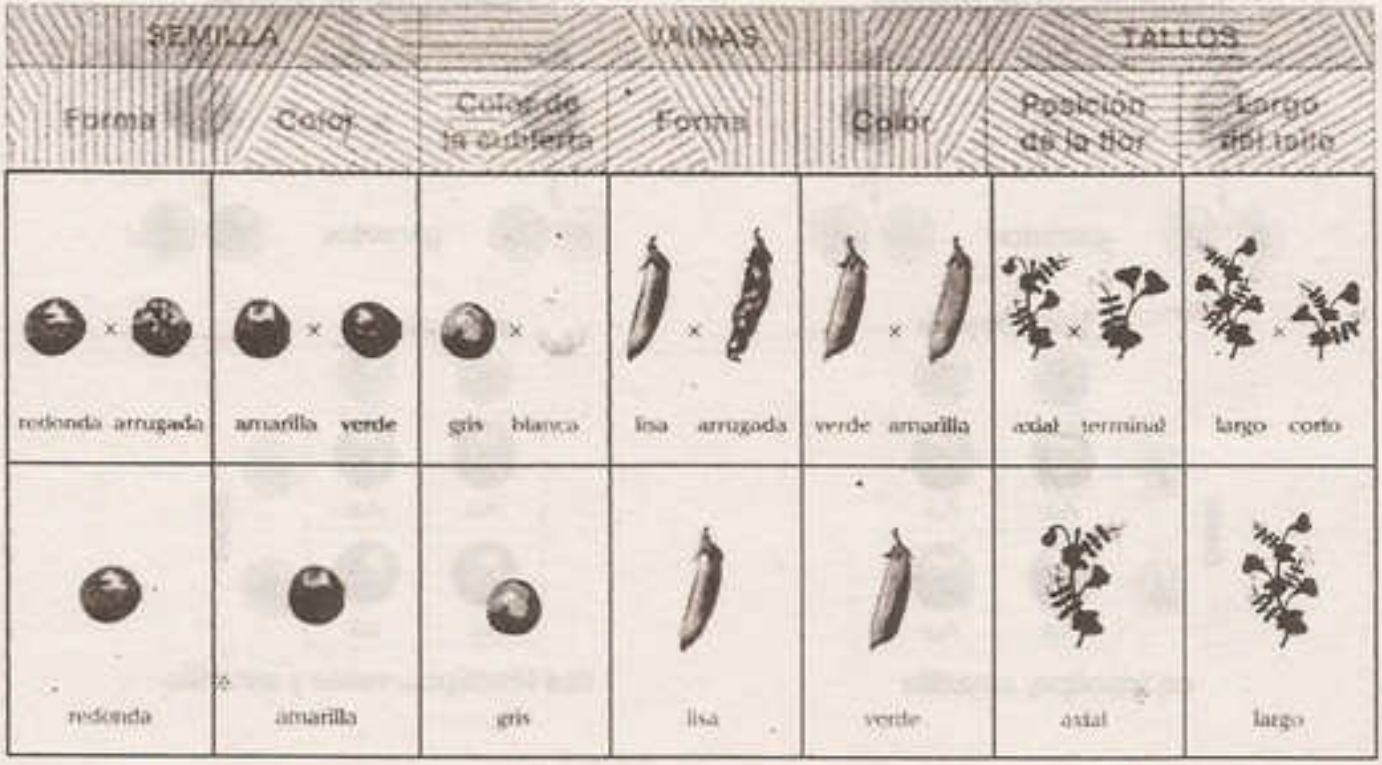
Nota

Tradicionalmente se habla de proporciones mendelianas genotípicas y fenotípicas de primera ley, las que constituyen la F_2, es decir, el producto del cruzamiento monohíbrido.

Se considera como proporción genotípica: 1: 2: 1

y como proporción fenotípica: 3: 1

CRUCES DE PLANTAS DE VARIEDAD PURA REALIZADOS POR MENDEL



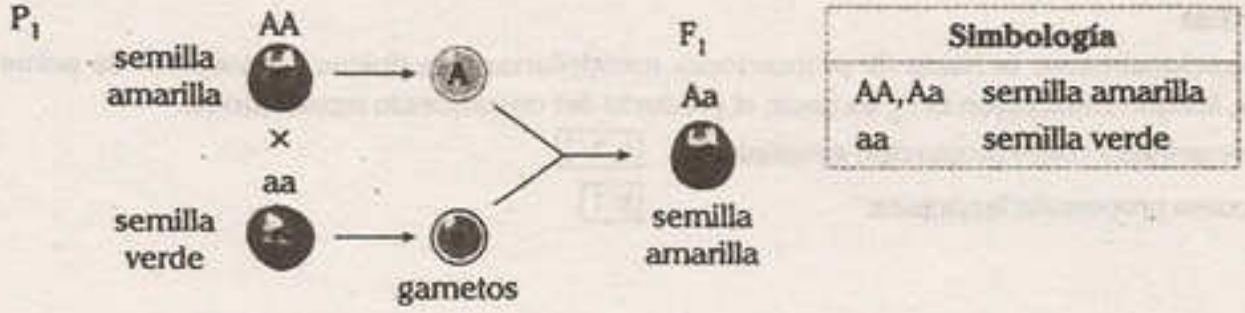
1.3.1. CRUCE DE PRUEBA (retrocruce o cruce retrogrado)

A Mendel también se le ocurrió una idea para saber si un organismo con un fenotipo dominante (como la planta de guisante con la semilla amarilla) era heterocigoto (Aa) o homocigoto (AA). Esta técnica se denomina cruzamiento de prueba y actualmente todavía es usada por criadores de plantas y animales.

En un cruzamiento de prueba, el organismo con el fenotipo dominante se cruza con un organismo que es homocigoto recesivo por ejemplo, semilla verde (aa).

Si el organismo con el fenotipo dominante es homocigoto, entonces todos los descendientes de la F_1 (primera generacion), obtendrán un alelo dominante de ese padre, serán heterocigotos y mostrarán el fenotipo dominante. Si el organismo con el fenotipo dominante es heterocigoto, los descendientes de la F_1 serán mitad heterocigotos (fenotipo dominante) y mitad homocigotos recesivos (fenotipo recesivo).

El hecho de que obtengamos una relación de 1:1, en este segundo caso es otra confirmación de la ley de segregación de Mendel.



1.4. LEY DE LA DISTRIBUCIÓN INDEPENDIENTE

También denominada distribución de la libre combinación de factores hereditarios. Mendel planteó que cuando dos o más factores hereditarios se segregan simultáneamente, la distribución de cualquiera de ellos es independiente de los demás.

Actualmente, se sostiene que durante la formación de las células sexuales, en cada gameto se incluye solamente un gen de cada par.

En el guisante, Mendel encontró que la semilla amarilla (A) era dominante a la semilla verde (a) y que la forma redonda de la semilla era dominante (B) sobre la rugosa (b).

Cuando se cruza una planta de semillas amarillas y redondas (AABB) con una planta de semillas verdes y rugosas (aabb), se obtienen plantas de semillas amarillas y redondas (AaBb).

P: plantas de semillas amarillas y redondas × plantas de semillas verdes y rugosas

AABB aabb

F_1: planta de semillas amarillas y redondas

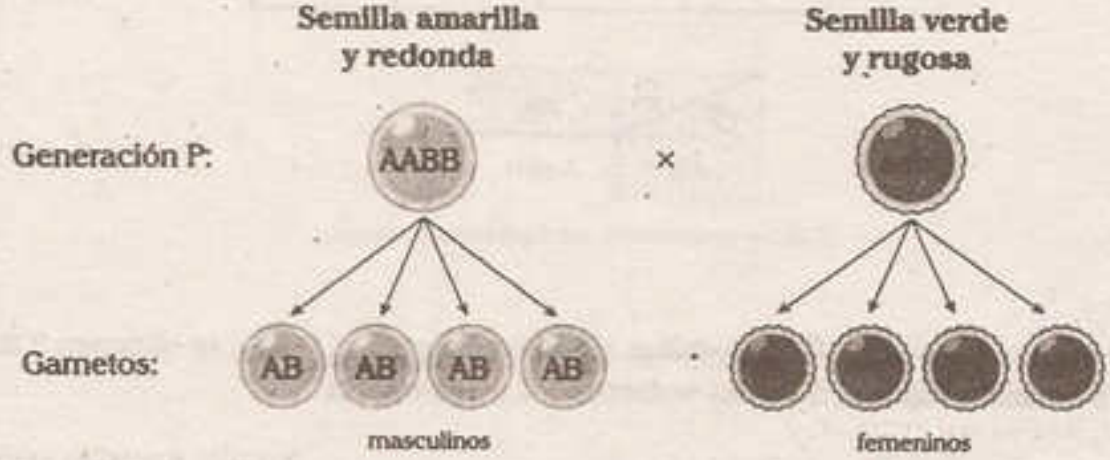
AaBb

¿Cómo se explica este resultado?

Primero, hay que tener en cuenta que son dos caracteres: el color de la semilla y la forma de la semilla.

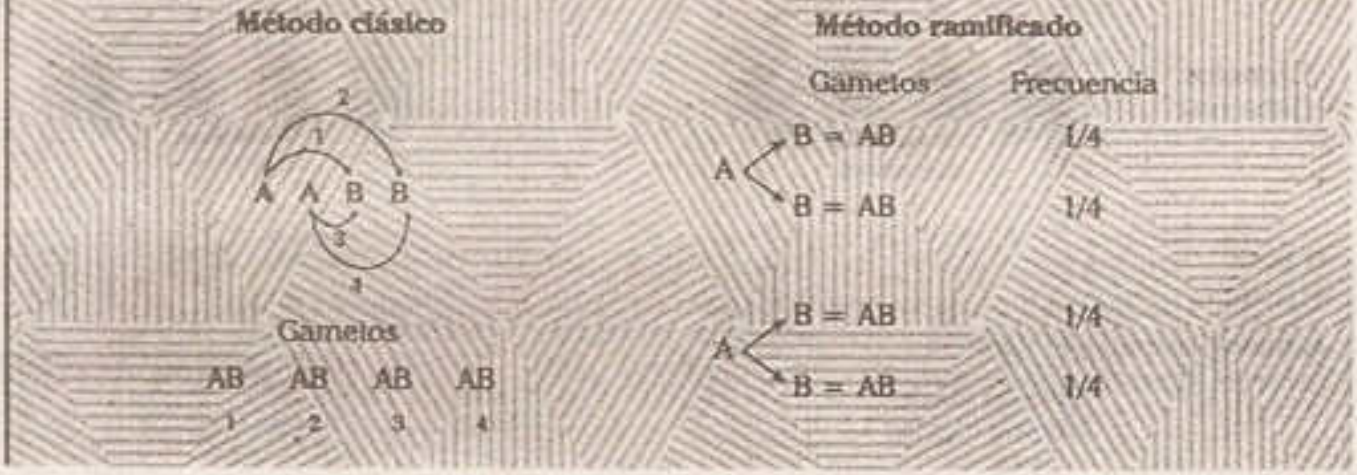
Segundo, para el color de la semilla tenemos el alelo dominante A (amarillo) y el alelo recesivo a (verde). Para la forma, el alelo dominante B (redonda) y el alelo recesivo b (rugosa).

Tercero, debido a la independencia de los pares de alelos, es decir, del que determina el color con respecto del que determina la forma, se tienen los siguientes gametos:



Nota

Se pueden usar dos métodos para representar la elaboración de los gametos. Nosotros los denominaremos clásico y ramificado.



Cada gameto posee un gen para el color y otro para la forma. Es así que los gametos del primer progenitor son (AB) y los gametos del segundo progenitor son (ab). Los resultados de la fecundación siempre darán AaBb.

La fecundación se puede representar en un tablero de Punnett de 16 posibilidades o en uno resumido de solo una posibilidad.

Tablero de Punnett de 16 posibilidades

♂ \ ♀	ab	ab	ab	ab
AB	AaBb	AaBb	AaBb	AaBb
AB	AaBb	AaBb	AaBb	AaBb
AB	AaBb	AaBb	AaBb	AaBb
AB	AaBb	AaBb	AaBb	AaBb

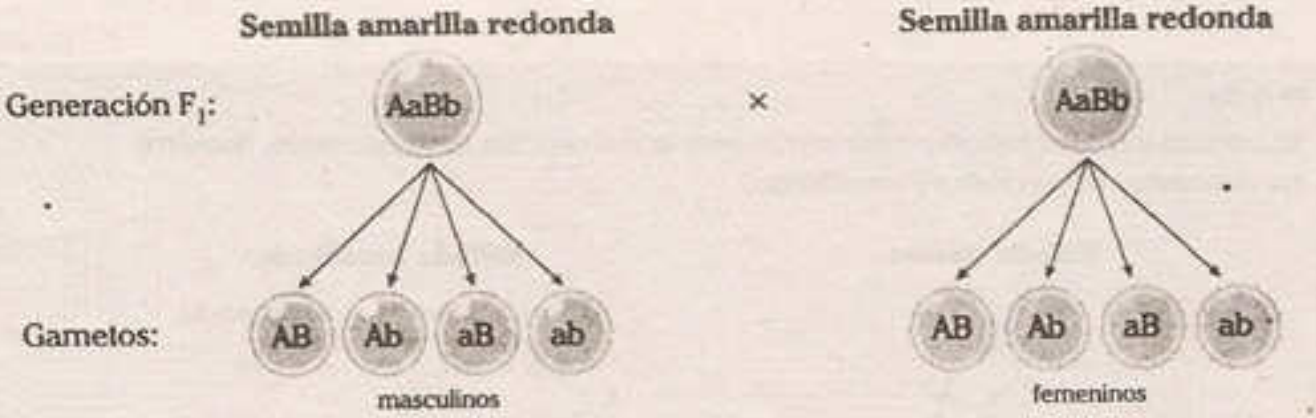
F_1

♂ \ ♀	ab
AB	AaBb

F_1

Cuadro simplificado, equivalente al anterior

Cuando se cruzan dos plantas F_1 de semillas amarillas-redondas (AaBb), se obtienen 9 amarillas-redondas, 3 amarillas-rugosas, 3 verdes-redondas y 1 verde-rugosa.



twitter.com/çalapenshko

Nota

Aplicando los métodos antes mencionados para representar la elaboración de los gametos, tenemos lo siguiente:

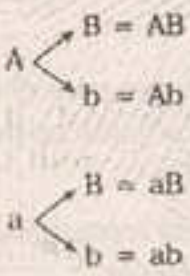
Método clásico

Gametos

AB Ab aB ab

1 2 3 4

Método ramificado



FECUNDACIÓN

♂ \ ♀	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb
Ab	AABb	AAbb	AaBb	Aabb
aB	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb
ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb

F_2

Genotipo		
Proporción genotípica:	1/16 AABB; 2/16 AABb; 2/16 AaBB; 4/16 AaBb; 1/16 AAbb; 2/16 Aabb; 1/16 aaBB; 2/16 aaBb; 1/16 aabb	
Probabilidad genotípica:	1/16 AABB; 1/8 AABb; 1/8 AaBB; 1/4 AaBb; 1/16 AAbb; 1/8 Aabb; 1/16 aaBB; 1/8 aaBb; 1/16 aabb	
Relación genotípica:	1 AABB; 2 AABb; 2 AaBB; 4 AaBb; 1 AAbb; 2 Aabb; 1 aaBB; 2 aaBb; 1 aabb	
Fenotipo		
Proporción fenotípica:	9/16 amarillas-redondas 3/16 verdes-redondas	3/16 amarillas-rugosas; 1/16 verdes-rugosas
Probabilidad fenotípica:	9/16 amarillas-redondas 3/16 verdes-redondas	3/16 amarillas-rugosas; 1/16 verdes-rugosas
Relación fenotípica:	9 amarillas-redondas 3 verdes-redondas	3 amarillas-rugosas; 1 verde-rugosa

¿Cómo se explica la relación entre genotipo y fenotipo en estos casos?

Se sabe que el alelo **A** es para semilla amarilla y es dominante sobre su alelo **a**, que es para semilla verde; así también, el alelo **B** es para semilla redonda y dominante sobre su alelo **b**, que es para semilla rugosa.

Por lo expuesto, analice la siguiente relación genotípica y su correspondiente relación fenotípica.

Relación genotípica	→	Se expresan los genes	→	Relación fenotípica
1AABB 2AABb 2AaBB 4AaBb	→	9 A_B_	→	9 amarillas-redondas
1AAbb 2Aabb	→	3 A_bb	→	3 amarillas-rugosas
1aaBB 2aaBb	→	3 aaB_	→	3 verdes-redondas
1aabb	→	1 aabb	→	1 verde-rugosa

Nota

Método práctico (se cumple en cruce de dihíbridos)

Para el genotipo

homocigote×homocigote=1/16
homocigote×heterocigote=2/16
heterocigote×homocigote=2/16
heterocigote×heterocigote=4/16

Ejemplo:

- Halle, en un cruce de dihíbridos, el genotipo AA Bb.

Analizamos, AA es homocigote y Bb es heterocigote; por lo tanto, se cumple que homocigote y heterocigote es 2/16.

Para el fenotipo

dominante×dominante=9/16
dominante×recesivo=3/16
recesivo×dominante=3/16
recesivo×recesivo=1/16

Ejemplo:

- Si semilla amarilla y lisa son dominantes, respecto al verde y rugoso, halle en un cruce de dihíbridos semillas amarillas y rugosas.

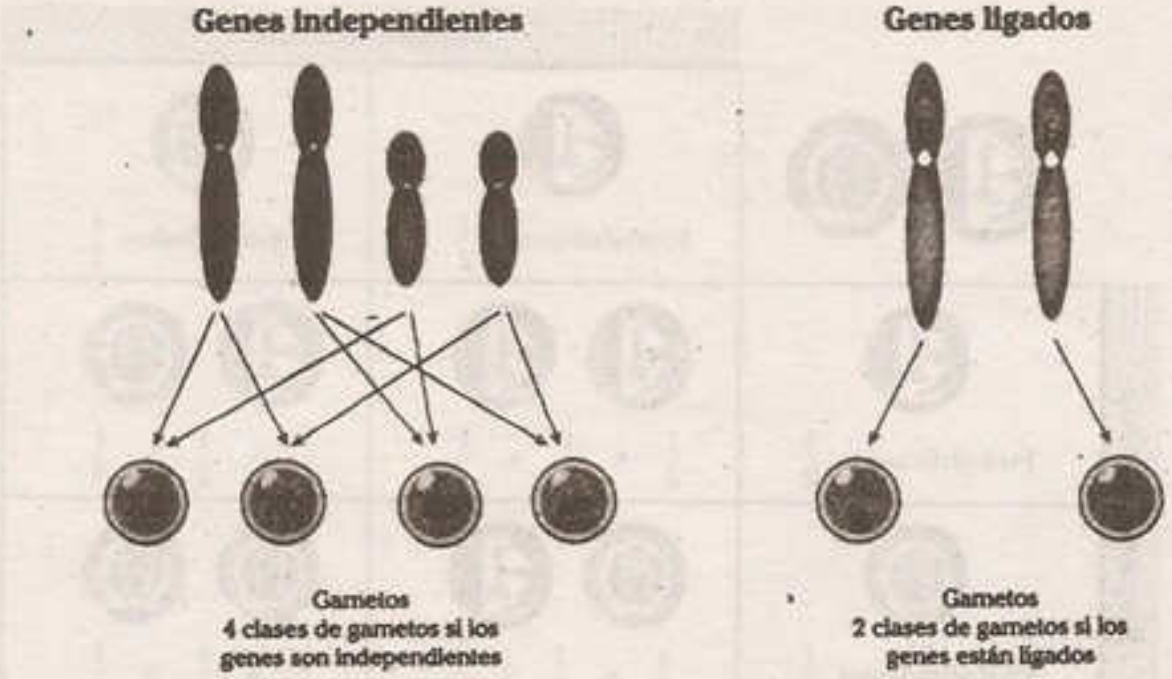
Analizamos, semilla amarilla es el fenotipo dominante y semilla rugosa es el fenotipo recesivo; eso lo deducimos de los datos. Por lo tanto, notamos a los fenotipos dominante y recesivo, y se cumple que será 3/16.

1.5. EXCEPCIONES DE LA LEY DE LA DISTRIBUCIÓN INDEPENDIENTE

La transmisión independiente de los caracteres no siempre se cumple, es decir, que muchos de ellos se transmiten juntos en la herencia. La explicación a esta excepción de esta ley mendeliana, se comprende fácilmente considerando que al estar localizados los genes en los cromosomas puede ocurrir que dos alelomorfos que rigen sendos caracteres se hallen situados en la misma pareja de cromosomas homólogos. Esto es muy fácil que ocurra si se tiene en cuenta que las parejas de genes son bastante más numerosas que los pares de cromosomas homólogos, por lo que cada una de estas parejas forzosamente debe contener un gran numero de alelos.

Supongamos que el carácter "color" está regido por la pareja de genes A (rojo) y a (blanco) y que el carácter "forma" lo está por los genes B (esférica) y b (alargada). Supongamos también que ambas parejas de genes se hallan situadas en la misma pareja de cromosomas homólogos, de tal manera que el gen color rojo (A) y el gen forma esférica (B) estén en un cromosoma de dicha pareja y que los genes blancos (a) y alargada (b) se hallen en otro cromosoma homólogo.

Como los cromosomas mantienen su individualidad e integridad y durante la meiosis, la pareja de cromosomas se separa para ir a incorporarse cada uno a un gameto, es evidente que el gen A para el color, permanecerá siempre unido al gen B para la forma, y lo mismo ocurrirá con relación a "a" y "b". En otras palabras, el color rojo se acompañará siempre de la forma esférica, mientras que el color blanco se presentará siempre unido a la forma alargada.



En el esquema, los dos caracteres elegidos por Mendel para el color y forma se encuentran en distintos cromosomas, en cambio si se encuentran localizados en el mismo cromosoma son ligados.

Como vemos todos los genes situados en el mismo cromosoma se transmiten ligados o asociados, no pudiendo separarse ni recombinarse independientemente. La ley de la distribución independiente en tales casos no se cumplirá.

Cuando la ley de la distribución independiente se cumple, como ocurre en el ejemplo de los guisantes que nos ha servido para explicarla, es porque la pareja de genes que rige uno de los caracteres (aspecto liso o rugoso de los guisantes) se encuentra situada en un par de cromosomas homólogos; mientras que los alelomorfos para el otro carácter (color amarillo o verde) se hallan en otra pareja de cromosomas diferente.

2▸ Regla de las probabilidades genéticas

2.1. La regla del producto

Una regla de probabilidad muy útil en la genética es la regla del producto, que establece que la probabilidad de que ocurran juntos dos (o más) eventos independientes puede calcularse al multiplicar las probabilidades individuales de los eventos. Por ejemplo, la probabilidad de obtener cara en el primer lanzamiento de una moneda es 1/2; la probabilidad de obtener cara en el segundo lanzamiento (un acontecimiento independiente) es también 1/2. Si dos o más acontecimientos son independientes entre sí, la probabilidad de que ambos ocurran es el producto de sus probabilidades individuales. Si esto parece extraño, recordemos que cuando se multiplican dos números menores de 1 el producto es un número menor a cualquiera de ellos. Por lo tanto, la probabilidad de obtener cara en dos lanzamientos sucesivos de la moneda es el producto de las probabilidades individuales ($1/2 \times 1/2 = 1/4$).

Aplicación de la ley de probabilidad del lanzamiento de 2 monedas. La probabilidad de obtener cara en el primer lanzamiento es de 1/2, y la probabilidad de obtener sello es también 1/2. La misma predicción se puede hacer para la segunda moneda.

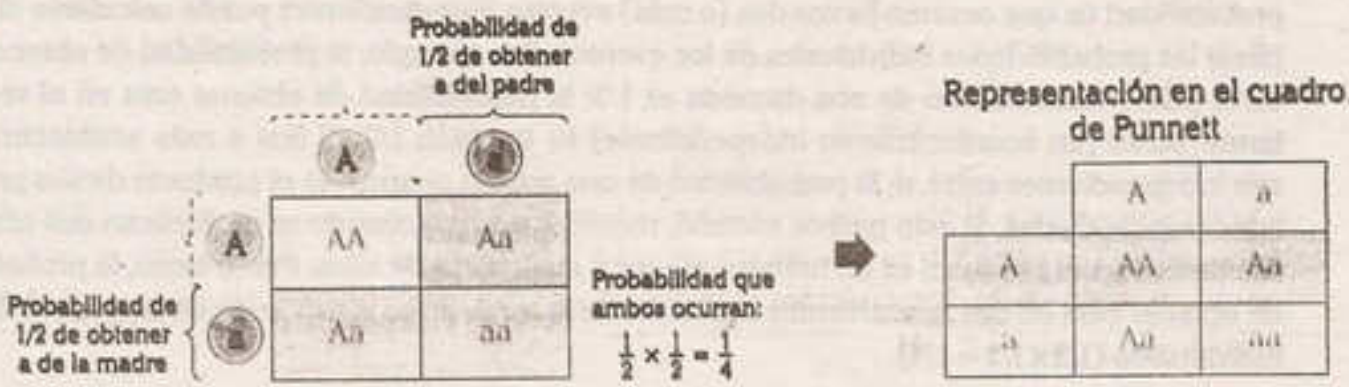
En general, puedes pensar en la regla de producto como la regla Y: si tanto el evento X como el evento Y deben suceder para que ocurra un cierto resultado, y si X e Y son independientes uno del otro (no afecta la probabilidad del otro), entonces puedes utilizar la regla del producto para calcular la probabilidad del resultado, multiplicando las probabilidades de X e Y.

Podemos usar la regla del producto para predecir las frecuencias de los eventos de fertilización. Por ejemplo, considera un cruzamiento entre dos individuos heterocigotos (Aa). ¿Cuál es la probabilidad de obtener un individuo aa en la siguiente generación? La única manera de obtener un individuo aa es si la madre contribuye un gameto a y el padre contribuye un gameto a. Cada padre tiene una probabilidad de 1/2 de formar un gameto a. Entonces, la probabilidad de un descendiente aa es la siguiente:

(Probabilidad de que la madre contribuya un a)

X = (1/2)×(1/2)=1/4

(Probabilidad de que el padre contribuya a)



Hay una probabilidad de 1/2 de obtener un alelo del padre, que corresponde a la columna de la extrema derecha del cuadro de Punnett. De forma similar, hay una probabilidad de 1/2 de obtener un alelo de la madre, que corresponde a la última fila del cuadro de Punnett. La intersección de esta fila y columna, que corresponde a la caja derecha inferior de la tabla, representa la probabilidad de obtener un alelo de la madre y del padre (1 de 4 cajas en el cuadro de Punnett o una probabilidad de 1/4).

Este es el mismo resultado que se conseguiría con un cuadro de Punnett y realmente también el mismo proceso lógico. La única diferencia es que, en el cuadro de Punnett, haríamos el cálculo visualmente: representaríamos la probabilidad de 1/2 de un gameto a de cada padre como una de dos columnas (para el padre) y una de dos filas (para la madre). La intersección de 1 cuadrado de la columna y fila (de los 4 cuadrados totales de la tabla) representa la probabilidad de 1/4 de obtener un a de ambos padres.

2.2. LA REGLA DE LA SUMA DE LA PROBABILIDAD

En algunos problemas de genética, puede que necesites calcular la probabilidad de que ocurra cualquiera de varios eventos. En este caso, necesitarás aplicar otra regla de probabilidad, la regla de la suma. Según la regla de la suma, la probabilidad de que ocurra cualquier evento entre varios mutuamente excluyentes es igual a la suma de las probabilidades individuales de los eventos.

Por ejemplo, si tiras un dado de seis caras, tienes una probabilidad de 1/6 de obtener cualquier número, pero solo puedes obtener un número por tirada. Nunca podrías obtener un uno y un seis a la vez; estos resultados son mutuamente excluyentes. Así, las posibilidades de conseguir un uno o un seis son (probabilidad de obtener un 1) + (probabilidad de obtener un 6) = (1/6) +(1/6) = 1/3.

Puedes pensar en la regla de la suma como la regla "o": si un resultado requiere que ocurra el evento X o el evento Y, y si X e Y son mutuamente excluyentes (si solo uno o el otro puede ocurrir en un caso dado), entonces la probabilidad del resultado puede calcularse mediante la adición de las probabilidades de X e Y.

Por ejemplo, vamos a usar la regla de la suma para predecir la fracción de la descendencia de un cruzamiento Aa x Aa que tendrá el fenotipo dominante (genotipo AA o Aa). En este cruzamiento, hay tres eventos que pueden llevar a un fenotipo dominante:

- Se juntan dos gametos A (lo que da un genotipo AA)
- Se junta un gameto A de la madre con un gameto a del padre (lo que da un genotipo Aa)
- Un gameto a de la madre se junta con un gameto A del padre (lo que da un genotipo Aa)

En cualquier evento de fertilización, solamente una de estas tres posibilidades puede ocurrir (son mutuamente excluyentes).

Puesto que esta es una situación "o" donde los eventos son mutuamente excluyentes, podemos aplicar la regla de la suma. Usando la regla del producto como hicimos anteriormente, podemos encontrar que cada evento individual tiene una probabilidad de 1/4. Entonces, la probabilidad de descendencia con un fenotipo dominante es la siguiente:

(probabilidad de A de la madre y A del padre)+(probabilidad de A de la madre y a del padre)+(probabilidad de a de la madre y A del padre)=(1/4)+(1/4)+(1/4)=3/4.

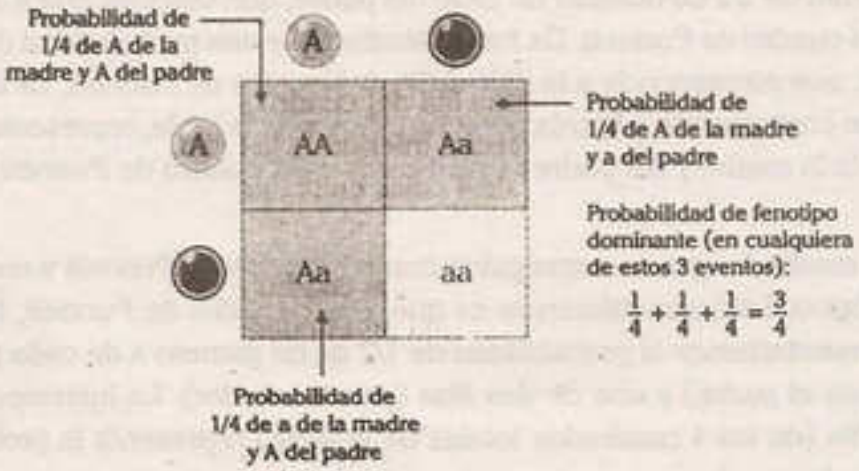


Ilustración de cómo el cuadro de Punnett puede representar la regla de la suma.

CUADRO DE PUNNETT

	A	a
A	AA	Aa
a	Aa	aa

Las cajas sombreadas representan los eventos que dan lugar a un fenotipo dominante (genotipo AA o Aa). En una, un espermatozoide A se combina con un óvulo A. En la otra, un espermatozoide A se combina con un óvulo a. Y en una tercera, un espermatozoide a se combina con un óvulo A. Cada evento tiene una probabilidad de 1/4 de suceder (1 de 4 cajas en el cuadro de Punnett). La probabilidad de que ocurra cualquiera de estos tres eventos es 1/4+1/4+1/4=3/4.

De nuevo, este es el mismo resultado que conseguiríamos con un cuadro de Punnett. Una de las cuatro cajas del cuadro de Punnett guarda el homocigoto dominante, AA. Dos cajas más representan los heterocigotos, uno con un A materno y un a paterno, el otro con la combinación opuesta. Cada caja es 1 de 4 cajas en todo el cuadro de Punnett y puesto que las cajas no se superponen (son mutuamente excluyentes), podemos sumarlas (1/4+1/4+1/4=3/4) para obtener la probabilidad de descendencia con el fenotipo dominante.

Nota

La regla del producto y la regla de la suma se puede simplificar en el siguiente cuadro:

Regla del producto	Regla de la suma
Para eventos independientes X y Y, la probabilidad (P) de que ocurran ambos (X y Y) es P(X)·P(Y)	Para eventos mutuamente excluyentes X y Y, la probabilidad (P) de que ocurra uno (X o Y) es P(X)+P(Y).

2.3. REGLA DE LAS PROBABILIDADES EN LOS CRUCES DIHÍBRIDOS

El cálculo directo de las probabilidades no tiene mucha ventaja sobre los cuadros de Punnett para escenarios de herencia de un solo gen (de hecho, si prefieres aprender de forma visual, puede que los cálculos directos te parezcan más difíciles en lugar de más fáciles). Sin embargo, donde brillan las probabilidades, es cuando estás observando el comportamiento de dos o más genes.

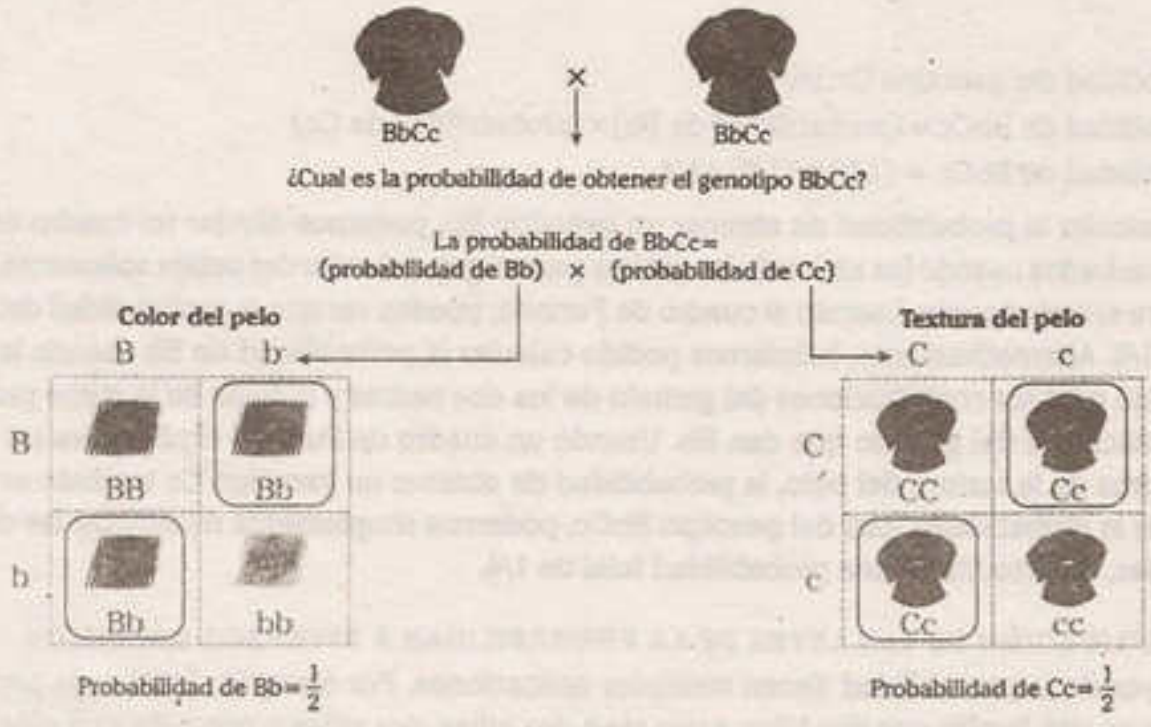
Por ejemplo, imaginemos que criamos dos perros con el genotipo BbCc, donde el alelo dominante B especifica el color negro del pelo (a diferencia de b, color amarillo del pelo) y el alelo dominante C especifica el pelo lacio (a diferencia de c, pelo rizado). Suponiendo que los dos genes se segregan independientemente y no están ligados al sexo, ¿cómo podemos predecir el número de cachorros BbCc entre la descendencia?

Un método es dibujar un cuadro de Punnett de 16 cajas. Para un cruzamiento que implica dos genes, un cuadro de Punnett sigue siendo una buena estrategia. Alternativamente, podemos utilizar una técnica más corta en la que usamos dos cuadros de Punnett de cuatro cajas y además usamos la regla del producto. En esta técnica, descomponemos la pregunta total en dos preguntas más pequeñas, cada una referente a un evento genético diferente:

¿Cuál es la probabilidad de obtener un genotipo Bb?

¿Cuál es la probabilidad de obtener un genotipo Cc?

Para que un cachorro tenga un genotipo BbCc, deben ocurrir estos dos eventos: el cachorro debe recibir alelos Bb y debe recibir alelos Cc. Los dos eventos son independientes porque los genes se segregan de manera independiente (uno no afecta la herencia del otro). Por lo tanto, una vez que hayamos calculado la probabilidad de cada evento genético, podemos multiplicar esas probabilidades utilizando la regla del producto para obtener la probabilidad del genotipo de interés (BbCc).



Esta imagen ilustra cómo los cuadros de Punnett 2×2 pueden utilizarse conjuntamente con la regla del producto para determinar la probabilidad de un genotipo particular en un cruzamiento dihíbrido.

En la gráfica anterior se desarrolló de forma representativa el problema, pero de manera simplificada podemos utilizar solo cuadros.

Pregunta: Cuando se cruzan dos perros BbCc, ¿cuál es la probabilidad de obtener descendencia BbCc?

Solución: probabilidad de BbCc = (probabilidad de Bb) × (probabilidad de Cc)

CUADRO DE PUNNETT PARA EL COLOR DEL PELO

♂ \ ♀	B	b
B	BB	Bb
b	Bb	bb

Probabilidad del genotipo Bb: 1/2

CUADRO DE PUNNETT PARA LA TEXTURA DEL PELO

♂ \ ♀	C	c
C	CC	Cc
c	Cc	cc

Probabilidad del genotipo Cc: 1/2

Probabilidad de BbCc = (probabilidad de Bb) × (probabilidad de Cc)

Probabilidad de BbCc = (1/2) × (1/2) = 1/4

Para calcular la probabilidad de obtener un genotipo Bb, podemos dibujar un cuadro de Punnett de 4 cuadrados usando los alelos de los padres para el gen del color del pelaje solamente, como se muestra anteriormente. Usando el cuadro de Punnett, puedes ver que la probabilidad del genotipo Bb es 1/2. Alternativamente, habríamos podido calcular la probabilidad de Bb usando la regla del producto para las contribuciones del gameto de los dos padres y la regla de la suma para las dos combinaciones del gameto que dan Bb. Usando un cuadro de Punnett similar para los alelos de los padres de la textura del pelo, la probabilidad de obtener un genotipo Cc también es 1/2. Para obtener la probabilidad total del genotipo BbCc, podemos simplemente multiplicar las dos probabilidades, que resulta en una probabilidad total de 1/4.

2.4. APLICACIÓN DE LAS LEYES DE LA PROBABILIDAD A DIVERSOS CÁLCULOS

Las leyes de la probabilidad tienen multiples aplicaciones. Por ejemplo, ¿cuál es la probabilidad de que en una familia con dos hijos, estos sean dos niñas, dos niños o una niña y un niño? Para los fines de este ejemplo supondremos que igualmente probable el nacimiento de un niño o una niña.

La probabilidad de que el primer hijo sea una niña es 1/2 y la probabilidad de que el segundo sea niña es también 1/2. Como estos son acontecimientos independientes, combinamos sus probabilidades multiplicándolas: 1/2×1/2=1/4. De igual manera la probabilidad de tener dos niños es también 1/4.

En familias con una niña y un niño, cualquiera de ellos puede nacer primero. La probabilidad de que la niña nazca primero es 1/2 y la probabilidad de que sea el niño quien nazca segundo es también 1/2. Utilizamos la ley del producto para combinar las probabilidades de estos dos acontecimientos independientes: 1/2×1/2=1/4. De igual manera, la probabilidad de que nazca primero el niño y después una niña es también 1/4. Estos dos tipos de familias representan resultados mutuamente excluyentes, o sea dos modos distintos de obtener una familia con una niña y un niño. Contar con dos formas diferentes de obtener el resultado deseado mejora nuestras probabilidades, así que empleamos la regla de la suma para combinar las probabilidades: 1/4+1/4=1/2. Se nota que las probabilidades de los tres tipos de familia [dos niños (1/4), dos niñas (1/4) y una niña y un niño (1/2)] suman 1. Esto permite verificar de manera eficaz si los cálculos se realizaron en forma correcta. También es posible confirmarlo con el cuadro de Punnett.

Al trabajar con probabilidades, es importante tener presente un punto que muchos apostadores olvidan: "el azar no tiene memoria". Esto significa que si los acontecimientos son de verdad fortuitos, los sucesos pasados no influyen en la probabilidad de ocurrencia de acontecimientos futuros independientes. Por ejemplo, si dos personas con ojos castaños tienen un hijo, ¿cuál es la probabilidad de que este tenga los ojos azules? Si el primer hijo tiene ojos azules, ¿cuál es la probabilidad de que el segundo también los tenga de ese color? El color del iris del ojo humano es controlado por alelos de varios loci, pero los principales determinantes son los alelos de un solo locus, el alelo para el color castaño de ojos (B) suele ser dominante para el alelo de color azul (b), si los dos progenitores de ojos castaños son heterocigotos, hay una probabilidad de 1 en 4 de que uno cualquiera de sus hijos tenga los ojos azules. Cada fecundación es un acontecimiento independiente; en su resultado no influyen los resultados de ninguna fecundación previa.

Si los dos padres heterocigotos de ojos castaños ya tienen tres hijos con ojos castaños y están esperando un cuarto hijo, ¿cuál es la probabilidad de que este tenga ojos azules? Quien no haya leído con atención el presente párrafo podrá contestar que este cuarto hijo debe tener ojos azules; sin embargo, la probabilidad sigue siendo de uno sobre cuatro de que el hijo tenga ojos azules, y de tres doble cuatro de que tenga ojos castaños.

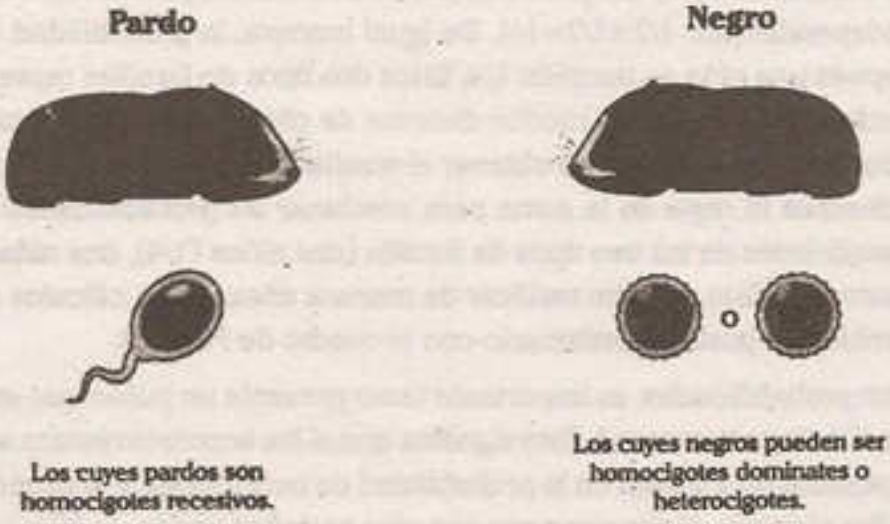
Si dos personas heterocigotas se casan y esperan tener cuatro hijos, ¿cuál es la probabilidad de que todos tengan ojos castaños? La probabilidad de ojos castaños en cada hijo es 3/4; de modo que se combinan estos acontecimientos independientemente por la regla del producto: 3/4×3/4×3/4 = 81/256 o 0.32. ¿Por qué es tan distinta la respuesta a esta pregunta de la que se dio a la pregunta anterior? Recuerde que una vez que ha nacido un niño con ojos castaños, la probabilidad 3/4 es sustituida por la certeza 1, de modo que el cálculo pasa a ser 1×1×1×3/4=3/4. La probabilidad de que el cuarto hijo (aun no nacido) tenga ojos castaños es por tanto de ¾ y la probabilidad de que tenga ojos azules es de 1/4.

Cuando se trabaja con probabilidad, el sentido común es más importante que las reglas memorizadas sin razonamiento.

3▸ APLICACIÓN DE LAS LEYES DE MENDEL UTILIZANDO EL TABLERO DE PUNNETT

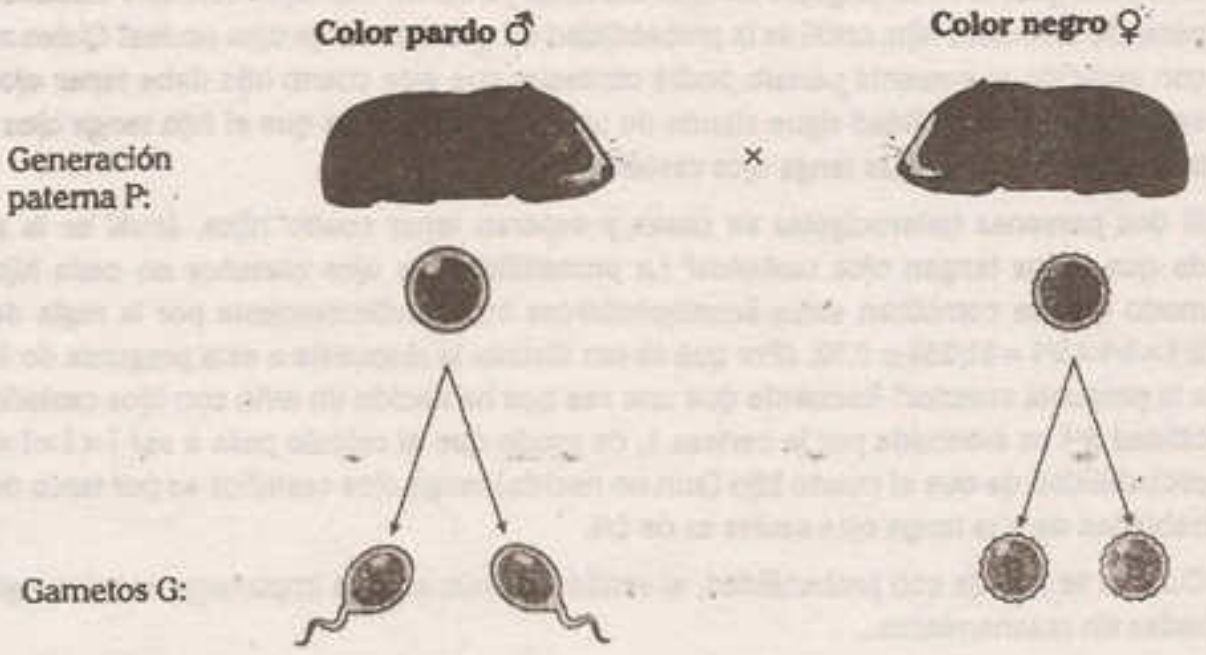
Mendel descubrió los principios básicos que rigen la herencia en las plantas, los que también son aplicables a los animales.

En los cuyes, el color pardo es un carácter recesivo dado por el alelo b y el color negro, un carácter dominante dado por el alelo B.

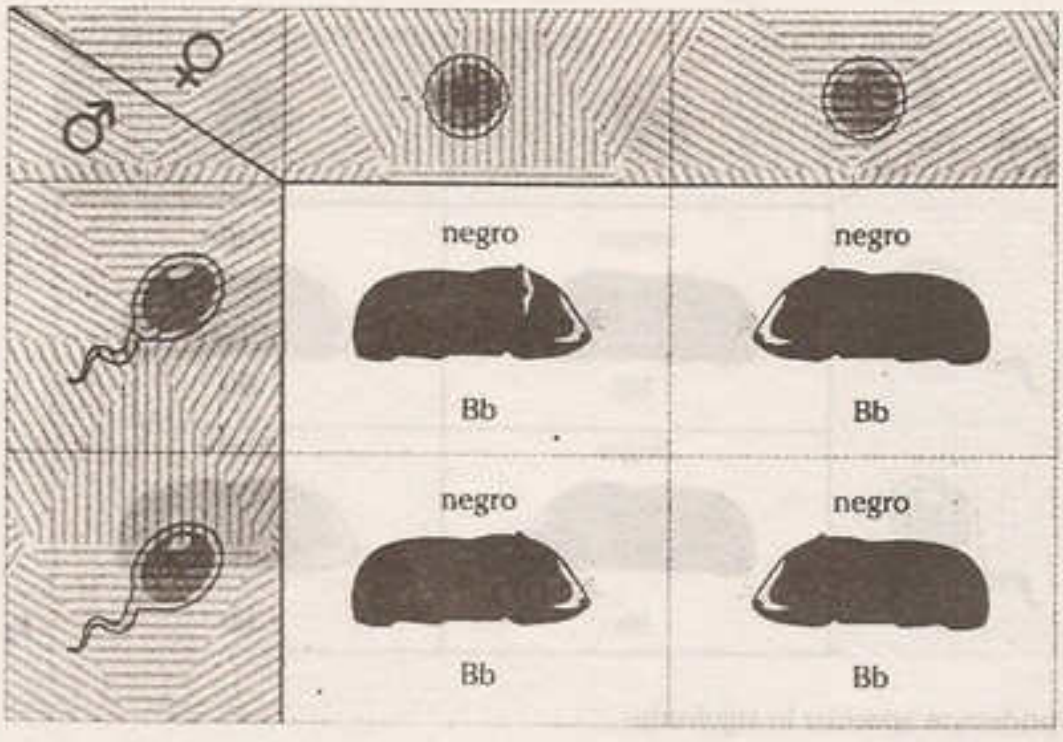


3.1. CRUCE DE HOMOCIGOTES PARA UN PAR DE ALELOS

Los homocigotes son genotipos que representan los dos alelos iguales, sean dominantes (BB) o recesivos (bb), así que podemos ejemplificar el uso de la primera ley de Mendel, mediánte el estudio de un cruce. Si se aparea un cobayo macho pardo homocigote recesivo (raza pura) con un cobayo hembra negra homocigote dominante (raza pura), ¿cuál será la proporción genotípica y fenotípica de la F_1?



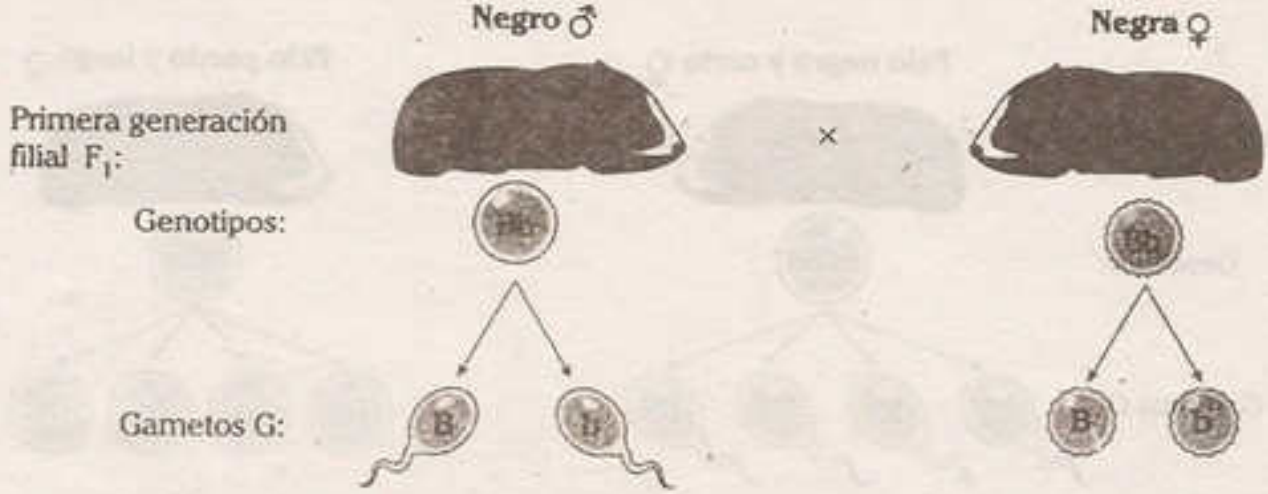
La segregación de los alelos de los genotipos de los padres forman los gametos y lo vamos a distribuir en forma ordenada en el siguiente cuadro de Punnett:



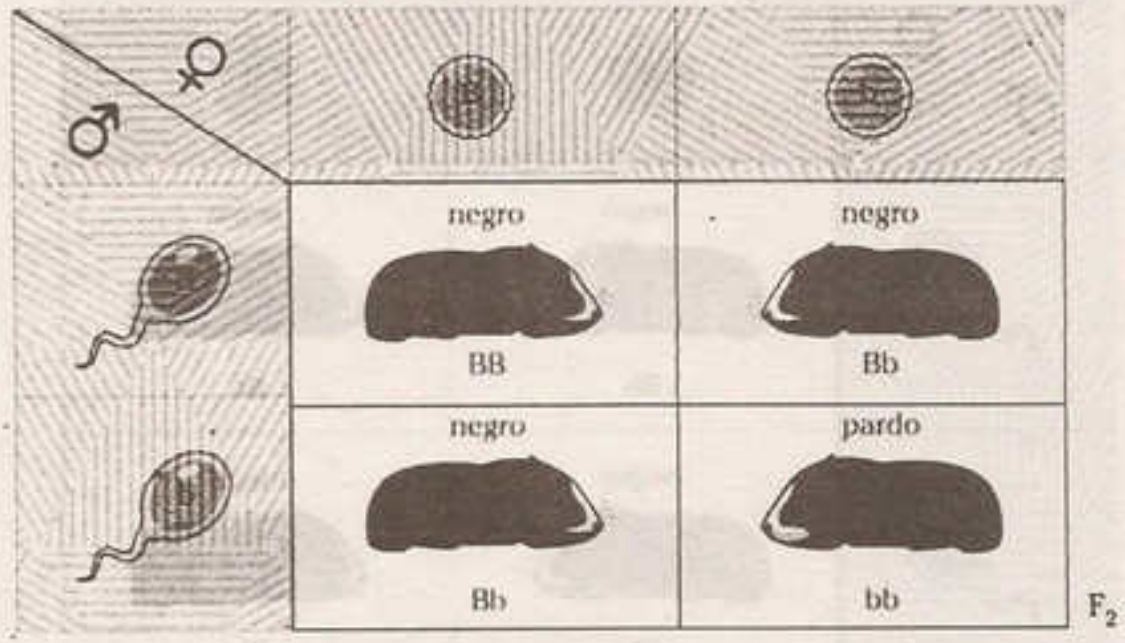
En el cuadro de Punnett podemos apreciar que la descendencia (F_1) se encuentra en una relación genotípica de 0:4:0. (El 0 corresponde al homocigote dominante; el 4 a los heterocigotes; y el 0 al homocigote recesivo) o comúnmente se representa 4:0. La proporción fenotípica también es 4:0 (4 corresponde al fenotipo dominante, color negro y el 0 al fenotipo recesivo color pardo).

3.2. CRUCE DE MONOHÍBRIDOS

Los monohíbridos corresponden a genotipos heterocigotes (Bb) y podemos determinar la proporción genotípica y fenotípica de la F_2 en el cruce anterior. Para hallarla se cruzan dos individuos de la F_1, macho de pelo negro (Bb) y hembra negra (Bb).



Los gametos formados a partir de los genotipos de los padres lo distribuimos en forma ordenada en el siguiente cuadro de Punnett:



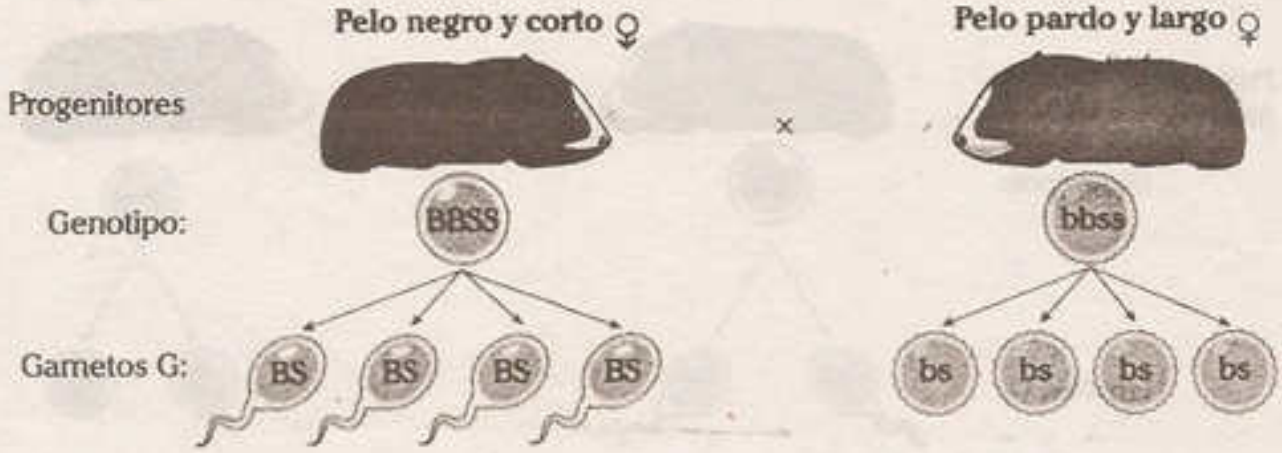
En el cuadro podemos apreciar lo siguiente:

- Relación genotipica: 1:2:1 (1 corresponde al homocigote dominante; 2 al heterocigote y 1 al homocigote recesivo. Todos de un total de 4 descendientes)
- Relación fenotípica: 3:1 (3 corresponde al fenotipo dominante pelo negro y 1 al fenotipo recesivo pelo pardo)

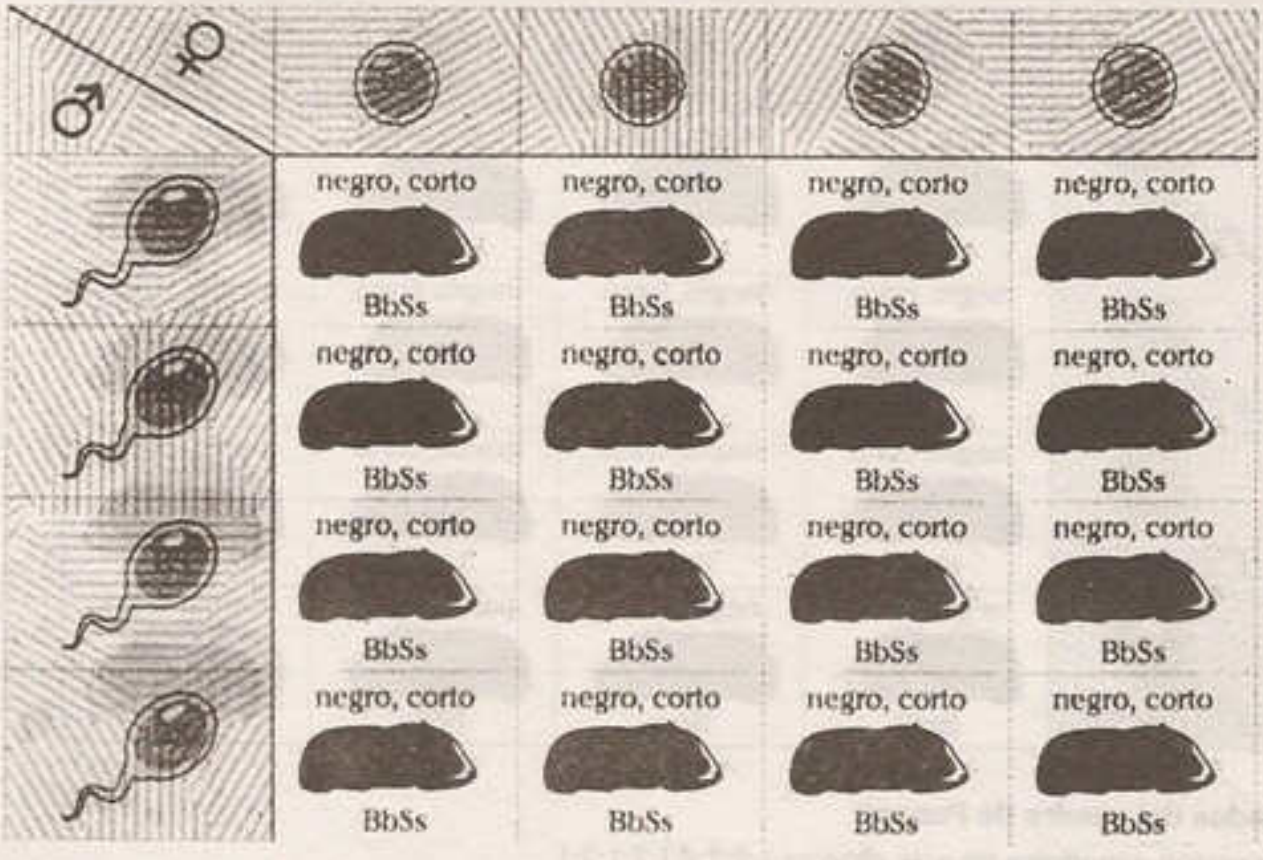
3.3. CRUCE DE HOMOCIGOTES PARA DOS PARES DE ALELOS

Los homocigotes o líneas puras para dos caracteres diferentes se puede ejemplificar con la ley de la distribución independiente de Mendel mediante el estudio de un cruce.

Si se aparea un cobayo de pelo negro y corto, homocigote dominante para ambas características, con un cobayo hembra de pelo pardo y largo, homocigote recesivo para ambas características, ¿cuál será la proporción genotípica y fenotípica de la F_1?



Los gametos formados por segregación de los progenitores se distribuyen de forma ordenada en el siguiente cuadro de Punnett:



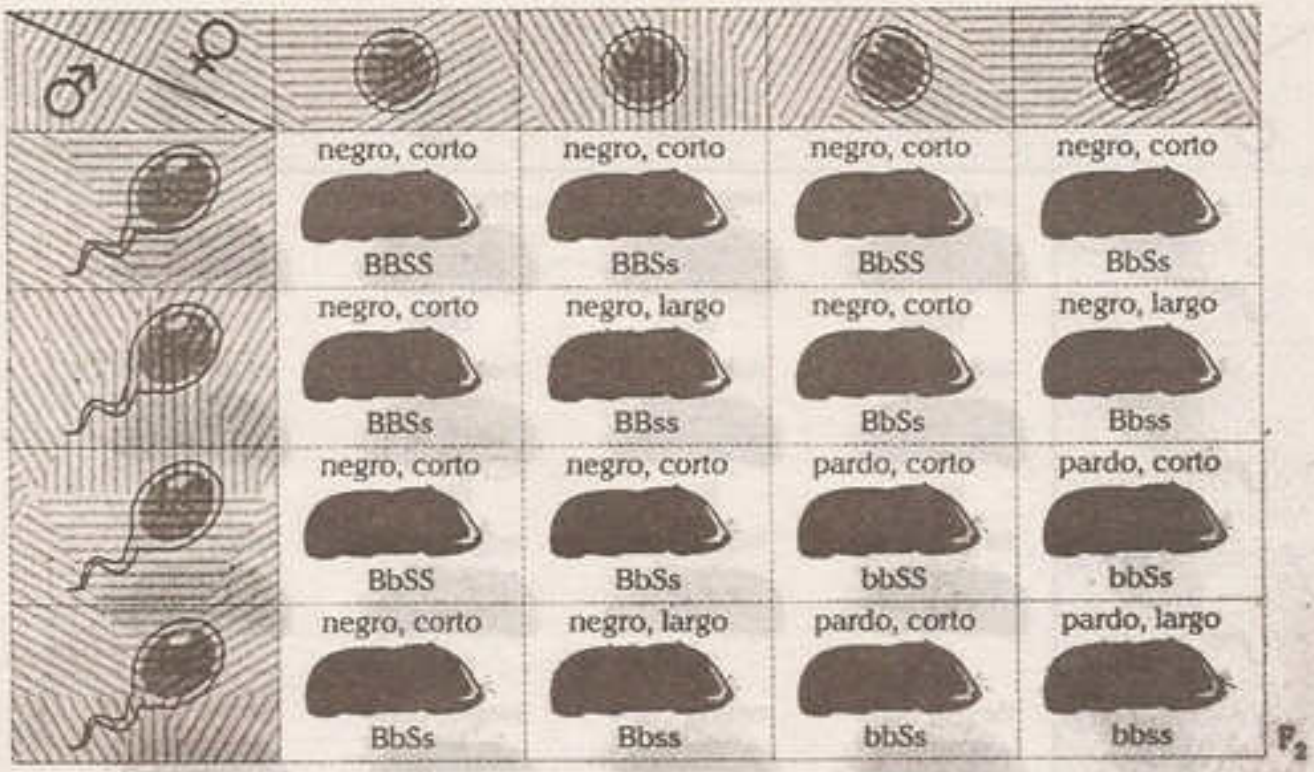
En el cuadro podemos apreciar que se cumple el cruce de líneas puras, por lo tanto la relación genotípica y fenotípica es la misma 16:0.

3.4. CRUCE DE DIHIBRIDOS

Los dihíbridos corresponden a dos genotipos heterocigóticos para dos caracteres obtenidos de la F_1 del cruce anterior, por tanto ahora podemos calcular la relación genotípica y fenotípica de la F_2.

Es necesario cruzar dos individuos de la F_1, macho de pelo negro y corto (BbSs) y hembra de pelo negro y corto (BbSs).

Los gametos formados a partir de los genotipos de los progenitores se distribuyen en el siguiente cuadro de Punnett:



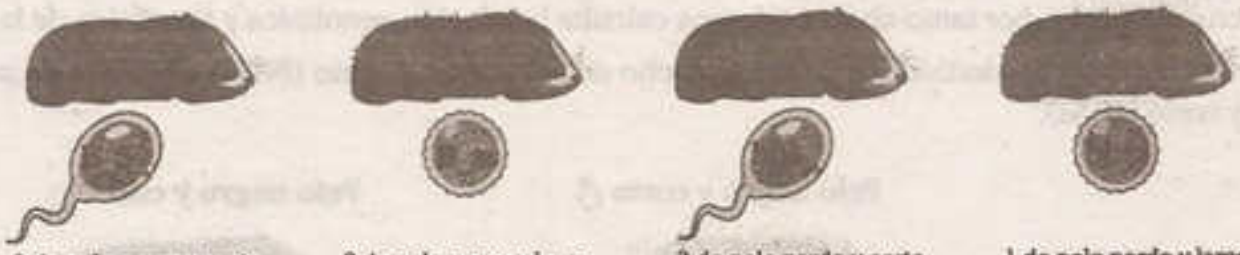
Resultados del cuadro de Punnett

La proporción genotípica en este caso es 1:2:2:4:1:2:1:2:1

1/16 BBSS; 2/16 BBSs; 2/16 BbSS; 4/16 BbSs; 1/16 BBss; 2/16 Bbss; 1/16 bbSS; 2/16 bbSs; 1/16 bbss.

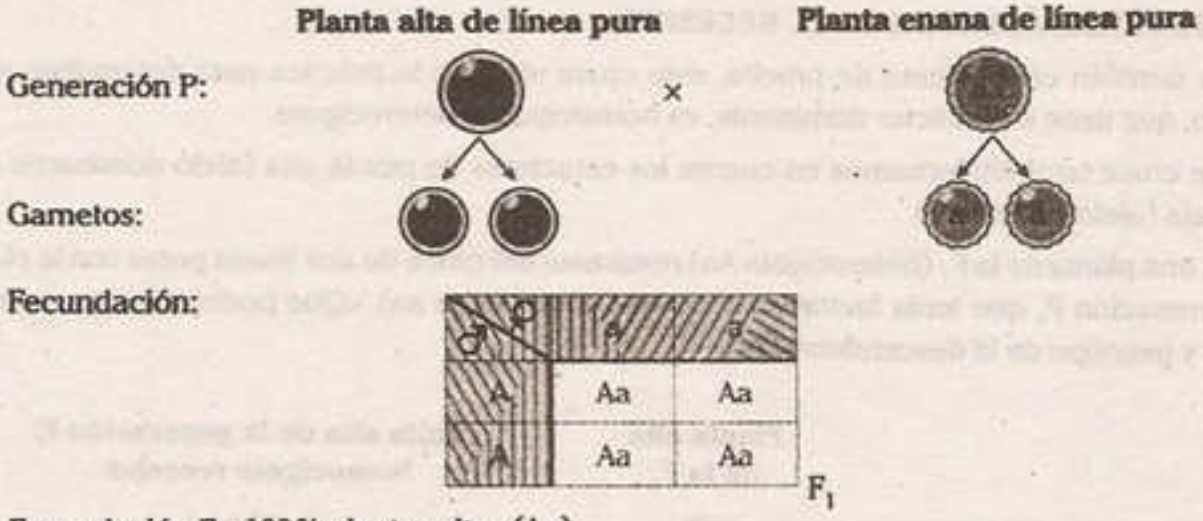
Cuando se aparean dos individuos de la F_1 cada uno de ellos produce cuatro tipos de gametos: Bs, Bs, bS, bs. Por lo tanto, hay 16 combinaciones posibles entre los cigotes.

La proporción fenotípica en este caso es 9:3:3:1.



4▸ Pruebas de herencia mendeliana

Los caracteres están controlados por dos genes; por ejemplo, en una planta alta de línea pura estos son AA y en una planta enana pura son aa. En los gametos de cada individuo existe solo uno de los dos genes de la misma especie; esto se demuestra con la planta alta de línea pura en el que sus gametos solo tienen A, mientras que en la planta enana de línea pura sus gametos solo tienen a. La unión de dos gametos de la misma especie restituye el número doble y permite el desarrollo de un nuevo individuo.



Fecundación F_1: 100% plantas altas (Aa)

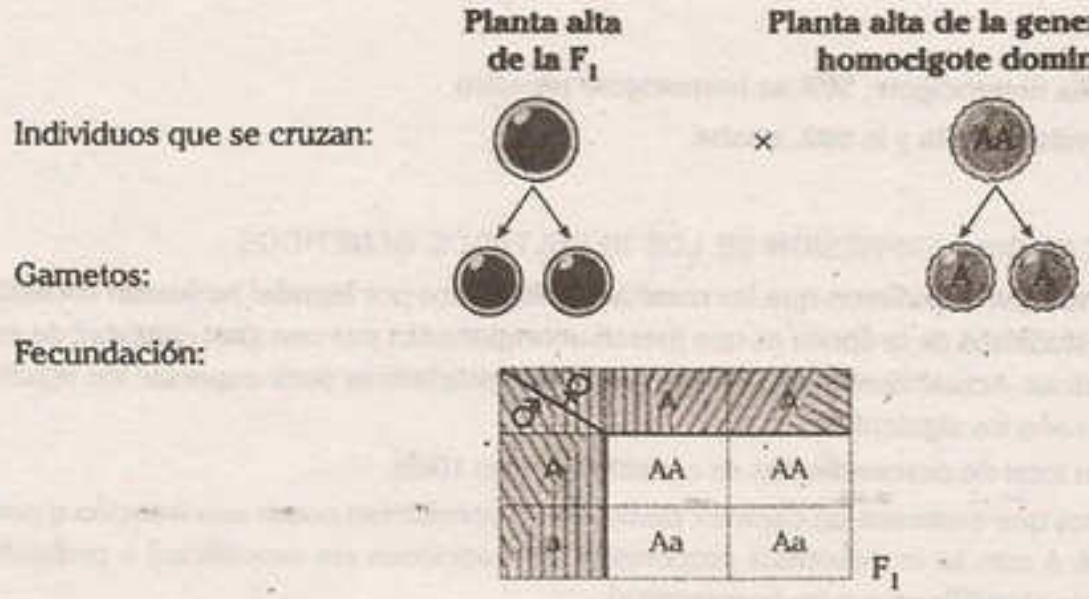
En los resultados obtenidos en el cuadro de Punnett podemos apreciar que cumple con el cruce de líneas puras (homocigotes) para la F_1 (primera generación) por lo tanto el genotipo es 4:0 (100% heterocigotes) y el fenotipo es 4:0 (100% planta alta).

El patrón de herencia que descubrió Mendel se denomina de dominancia y recesividad. Para demostrarlo, Mendel realizó dos experimentos: el retrocruzamiento con el dominante y el retrocruzamiento con el recesivo.

4.1. RETROCRUZAMIENTO CON EL DOMINANTE

Se cruza una planta de la F_1 (heterocigote Aa) resultante del cruce de dos líneas puras con la planta de la generación P que presenta factores dominantes (homocigote AA).

¿Qué podemos esperar genotípicamente y fenotípicamente en la descendencia?



Conclusión

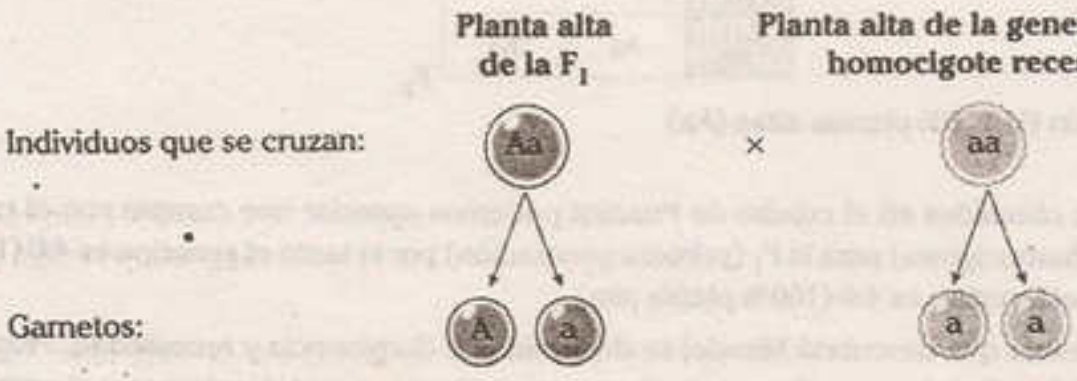
Genotipo: 50% AA homocigote dominante, 50% Aa heterocigote
Fenotipo: 100% plantas altas

4.2. RETROCRUZAMIENTO CON EL RECESIVO

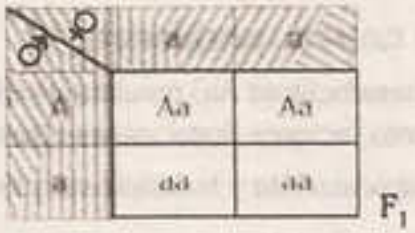
Llamada también cruzamiento de prueba, este cruce sirve en la práctica para determinar si un individuo, que tiene un carácter dominante, es homocigote o heterocigote.

Para este cruce también tomamos en cuenta los caracteres de planta alta (alelo dominante A) y planta baja (alelo recesivo a)

Se cruza una planta de la F_1 (heterocigota Aa) resultante del cruce de dos líneas puras con la planta de la Generación P, que tenía factores recesivos (homocigote aa). ¿Qué podemos esperar en el fenotipo y genotipo de la descendencia?



Fecundación:



F_1

Conclusión

Genotipo: 50% Aa heterocigote, 50% aa homocigote recesivo

Fenotipo: Una mitad es alta y la otra, enana.

5▸ CUANTIFICACIÓN Y EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS GENÉTICOS

Una de las razones que impidieron que los resultados obtenidos por Mendel no fueran tomados en cuenta por los estudiosos de la época es que fueron acompañados por una gran cantidad de expresiones matemáticas. Actualmente, se utilizan categorías estadísticas para expresar los resultados genéticos, como son los siguientes:

- La población total de descendientes se considera como 100%.
- Los individuos que expresen un carácter particular se consideran como una fracción o porcentaje del total. A esto se le denomina proporción (en fracciones sin simplificar) o probabilidad (en fracciones simplificadas o en porcentajes).
- Al número de individuos enumerados correlativamente se le considera como la relación de caracteres o composición genética de la descendencia.
- Los resultados pueden estar dados tanto en genotipo como en fenotipo.

Mendel, para poder cuantificar los rasgos de los guisantes, seleccionó cepas que representaban siete caracteres, atributos (como el color de la semilla) para los cuales las diferencias heredables, o rasgos, son conocidos como semillas amarillas y semillas verdes. Los caracteres que eligió Mendel tuvieron fenotipos claramente contrastantes. Los resultados fueron sencillos de analizar porque tomó fenotipos fácilmente distinguibles y limitó la variación genética estudiada en cada experimento. Mendel empezó sus experimentos cruzando plantas de dos diferentes variedades puras con fenotipos contrastantes; estos individuos genéticamente puros constituyeron la generación parental o generación P. En cada caso, todos los miembros de la primera generación de descendientes eran muy semejantes y se parecían a uno de los dos progenitores.

Por ejemplo, cuando cruzó plantas con tallo alto con plantas de tallo enano, todos los descendientes eran de tallo alto. Esa descendencia fue la primera generación filial o la generación F_1.

La segunda generación filial o generación F_2 es resultado del cruzamiento entre individuos F1 o por autopolinización de individuos F_1. En este experimento, la generación F_2 de Mendel incluyó 787 plantas largas y 277 cortas. De la misma manera Mendel realiza varios cruces parentales (P) con características dominantes y recesivas obteniendo de manera cuantificada diferentes resultados. El cuadro muestra los resultados experimentales de Mendel para todos los siete caracteres de los guisantes.

Resultados de los experimentos de Mendel con plantas de arvejas

Característica	Progenitores			Segunda generación filial (F_2)			
	Dominante	×	Recesivo	Dominante	Recesivo	Total	Cociente
Forma de la semilla	redondo	×	rugoso	5 474	1 850	7 324	2,96:1
Color de la semilla	amarillo	×	verde	6 022	2 001	8 023	3,01:1
Posición de la flor	axial	×	terminal	651	207	858	3,14:1
Forma de la vaina	inflado	×	constricto	882	299	1 181	2,95:1
Color de la vaina	verde	×	amarillo	428	152	580	2,82:1
Tamaño del tallo	alto	×	enano	787	277	1 064	2,84:1

Personaje legendario: la serie de televisión que se basó en el caso de Sam Sheppard

Era inocente el médico que inspiró El fugitivo

Nuevas pruebas genéticas, realizadas a partir del cadáver de Sam Sheppard, el médico cuyo caso inspiró la memorable serie El fugitivo, confirman la idea de que este fue inocente del asesinato de su esposa Marilyn. Los nuevos análisis de ADN vuelven a apuntar a una tercera persona, Richard Eberling, que en esa época era el empleado que lavaba las ventanas de la casa de la familia Sheppard.

El asesinato ocurrió en la noche del 4 de julio de 1954 en la lujosa residencia que los Sheppard tenían en Bay Village, Ohio. Según la versión que dio el médico Sheppard, él dormía en un sofá cuando lo despertaron los gritos desesperados de socorro de Marilyn, que estaba en otra habitación. En aquella época, Sam Reese Sheppard era un chico de siete años y dormía en otro cuarto de la mansión. Ante los jueces, Sheppard siempre dijo que vio a un intruso de abundante pelo enrulado que lo golpeó hasta desmayarlo. Al despertar, vio a su mujer acuchillada y golpeada. En su defensa, Sheppard dijo que le tomó el pulso a su esposa y comprobó que estaba muerta. La policía local nunca creyó en su versión y Sheppard fue entonces el principal sospechoso. Un tribunal lo condenó a prisión perpetua, pero en 1966 fue declarado inocente y liberado, pero murió cuatro años después dominado por el alcohol y amargado por las sospechas. Búsqueda de justicia. En setiembre de 1997, Sam Reese exhumó el cadáver de su padre y contrató a un reconocido experto en ADN, el doctor Mohamad Tahir, jefe del Servicio Forense de Indianápolis. Así pudo establecer que la teoría del fiscal que acusó a su padre en aquellos años –que decía que las huellas de sangre en la casa eran de un cuchillo usado por Sheppard– era equivocada. Porque un cuchillo no puede provocar 60 manchas de sangre a tanta distancia, en el piso, las puertas y escaleras, según los expertos. El abogado de Sam Reese Sheppard, Terry Gilbert, afirmó que las muestras de ADN tomadas del cadáver son inconsistentes con las manchas de sangre, eso excluye a Sam Sheppard. En cambio, estos rastros no excluyen a Eberling. En la investigación se analizaron manchas de sangre que aparecieron en la puerta del placard de la habitación donde fue asesinada Marilyn, y todas las muestras de sangre apuntan a Eberling. Pero la mancha del placard tiene componentes genéticos de Marilyn y de Eberling, lo que es sorpresivo, teniendo en cuenta que la víctima luchó con desesperación contra su brutal asesino. Marilyn le mordió fuertemente la mano a su asesino, como lo indican los dientes cortados de su cadáver. También fue violada, lo que tampoco se le dijo al jurado en 1954. El abogado Gilbert reveló que en la vagina de la mujer se encontraron muestras de semen que eran de Sheppard y de Eberling. Ante los jueces, Sheppard había afirmado que había tenido relaciones sexuales con su esposa una noche antes del crimen, lo que ahora quedaría comprobado.

Adaptado de <https://www.clarin.com/>.

Preguntas resueltas

Pregunta 1

Unos científicos están investigando la expresión de una proteína (A) en una especie. Luego de varios cruces entre los mismos progenitores se obtuvo F_1, de los cuales se eligió a un par que dio origen a la F_2 y se obtuvo el siguiente registro:

Generación	Número de individuos que expresan A	Número de individuos que no expresan a
F_1	304	109
F_2	149	154

Del análisis de estos resultados es correcto deducir que

A) la generación F_1 proviene de un progenitor heterocigote y otro homocigote.
B) el alelo que codifica para la expesion A es recesivo.
C) el 100% de los individuos de la generación F_2 son homocigotos.
D) el 100% de los individuos de la generación F_1 son híbridos.
E) la generación F_2 proviene de un progenitor heterocigote y otro homocigote.

Resolución

Según el cuadro, que es el resultado de varios cruces, podemos apreciar que la relación fenotípica de la F_1 es aproximadamente de 3 a 1. Como en genética se trabaja con probabilidades tenemos que

F_1: 304 expresan el gen A como 3
109 no expresan el gen a como 1

Esta relación solo se produce en un cruce de heterocigotes o híbridos.

	A	a
A	AA	Aa
a	Aa	aa

En la F_2, siguiendo la misma lógica, la relación es semejantes, es decir, 2:2, y esta relacion se da en un cruce de heterocigote y homocigote recesivo.

	A	a
a	Aa	aa
a	Aa	aa

Por lo tanto, podemos apreciar que la generación F_2 proviene de un progenitor heterocigote y otro homocigote.

Clave E

Pregunta 2

La acondroplasia es una anomalía determinada por un gen autosómico que da lugar a un tipo de enanismo en la especie humana. Si una pareja sin dicho rasgo tiene un hijo con enanismo acondroplásico, significa que

A) los padres son homocigotes recesivos.
B) los padres son híbridos.
C) la acondroplasia es un rasgo sominante.
D) el hijo posee fenotipo dominante.
E) la acondroplasia es un rasgo codominante.

Resolución

Según el enunciado, la pareja no tiene dicho rasgo, o sea, acondroplasia; si es asi entonces podemos decir que ellos presentan un alelo dominante, así que la acondroplasia es recesivo y solo se expresa en recesividad (aa), pero tiene un hijo con acondroplasia. Realizamos el siguiente cuadro:

Lumbreras Editores

	A	
A	AA	A_
	A_	aa

➡

	A	a
A	AA	A_
a	A_	aa

Como el hijo tiene acondroplasia los alelos provienen de sus padres.

Por lo tanto, los padres del niño que expresa la acondroplasia son híbridos.

Clave B

Pregunta 3

Los arándanos son frutas muy apreciadas por sus propiedades nutricionales y medicinales, y se sabe que los frutos de color azul oscuro son dominantes frente al rojo brillante. Si un agricultor realiza un cruce durante varias generaciones entre un arándano azul homocigote y uno de color rojo brillante, ¿qué porcentaje de arándanos rojos y azules se obtendrán respectivamente?

A) 50% y 50%
B) 0% y 100%
C) 50% y 100%
D) 100% y 50%
E) 75% y 25%

Resolución

En arándanos, los frutos de color azul oscuro están dados por un gen dominante (A), mientras que los frutos rojo brillante por recesivos (a).

Cruce:

Fecundación:

♂ \ ♀	A	A
a	Aa	Aa
a	Aa	Aa

F_1

Podemos identificar en el cuadro que se trata de un cruce de líneas puras; así que en la primera generación (F_1), el total o 100% será heterocigotes (Aa) para el genotipo y 100% arándanos azules para el fenotipo, por lo tanto 0% rojos.

Clave B

Pregunta 4

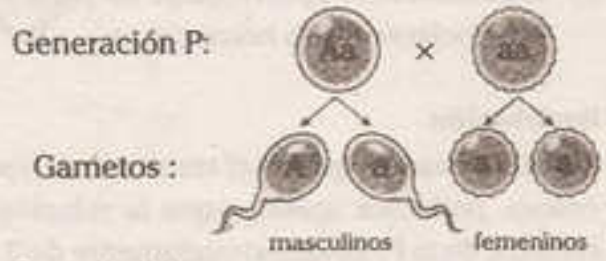
En los perros, el pelaje oscuro es dominante sobre el albino. ¿Cuál será la proporción genotípica de la descendencia que resulta del cruce de dos perros, macho heterocigote y hembra albina?

A) 3/4Aa; 1/4aa
B) 1/4AA; 2/4Aa; 1/4aa
C) 2/4AA; 2/4Aa; 1/4aa
D) 3/4AA; 1/4aa
E) 2/4Aa; 2/4aa

Resolución

Si el pelo oscuro está dado por genes dominantes (A) sobre el pelo blanco (a), entonces el macho heterocigote (Aa) es de pelo oscuro y la hembra albina es homocigote recesiva (aa). La proporción genotípica de la descendencia es 2/4 Aa (heterocigotes) y 2/4 aa (homocigotes recesivos).

Para comprobar nuestra afirmación vamos a aplicar el procedimiento.



Fecundación:

♂ \ ♀	a	a
A	Aa	Aa
a	aa	aa

F_1

Proporción genotípica de la F_1: 2/4Aa; 2/4aa.

Clave E

Lumbreras Editores

Pregunta 5

En gatos, la lipidosis hepática es una enfermedad autosómica recesiva. Si consideramos todas las combinaciones posibles en gatos, el número de combinaciones que genera el 50% de los descendientes con genotipo heterocigótico para la enfermedad sería

A) 1 B) 5 C) 4
D) 2 E) 3

Resolución

Como es una enfermedad autosómica recesiva, los gatos que padecen la enfermedad están determinados por genes recesivos (a) y, por lo tanto, los gatos que no padecen la enfermedad están determinados por el gen dominante (A). Así que las combinaciones posibles para un carácter sería según el siguiente cuadro:

N.° de casos	cruces	Genotipos de los descendientes
1	AA×AA	100% AA
2	AA×Aa	50% AA; 50% Aa
3	AA×aa	100% Aa
4	Aa×Aa	25% AA; 50% Aa; 25% aa
5	Aa×aa	50% Aa; 50% aa
6	aa×aa	100% aa

Podemos apreciar en el cuadro que de todas las combinaciones posibles para la enfermedad lipidosis hepática en gatos, los casos 2, 4 y 5 presentan el 50% de descendientes con genotipo heterocigótico, por lo tanto, el numero de combinaciones son 3.

Clave E

Pregunta 6

La mayoría de las moscas de la fruta Drosophyla melanogaster es de cuerpo oscuro, pero algunos individuos de la especie, homocigóticos para el alelo recesivo, tienen el cuerpo de color amarillo. Si se cruzan dos moscas de la fruta heterocigóticas, ¿cuál será la probabilidad de moscas de cuerpo amarillo en la primera generación?

A) 1/1 B) 2/4 C) 1/2
D) 3/4 E) 2/3

Resolución

En la mosca de la fruta, el cuerpo oscuro está dado por un gen dominante (C) y el color amarillo por su alelo recesivo (c).

Si se cruza dos moscas de la fruta heterocigotas (Cc), la probabilidad de moscas de cuerpo amarillo (cc) en la primera generación es 1/4.

A continuación, resolveremos este problema de cruzamiento.

Generación P: ♂ × ♀

Gametos: masculinos femeninos

Fecundación:

♂ \ ♀	C	c
C	CC	Cc
c	Cc	cc

F_1

Las probabilidades fenotípicas son 3/4 de mosca de fruta de cuerpo oscuro y 1/4 de mosca de cuerpo amarillo.

Clave A

Lumbreras Editores

A todo el público en general:

El Proyecto Modo Scan+100, nace de una idea del **Team Calapenshko**, el cual es difundir todo aquel texto inédito que no esté circulando en la red.

Nuestro Grupo Calapenshko hace el mejor esfuerzo para digitalizar este libro, y así usted estimado lector pueda obtener la mejor experiencia que toda persona desea al abrir un libro.

Este proyecto llega gracias a las **donaciones que se pudo obtener de 100 personas** comprometidas con el proyecto **MODO SCAN+100**.

Este libro no debe ser prostituito monetariamente, este libro no debe ser coleccionado, este libro debe ser destruido analíticamente, así que te invito a leerlo.

No pagues por este libro de **circulación gratuita**, búscalo en la red.

Atentamente, el **GRUPO CALAPENSHKO**

18 de agosto del 2020

Preguntas propuestas

1. María es una estudiante del curso de biología y su profesor le pide que describa un rasgo característico de su compañero, ella describe cabello lacio, por lo tanto, esta descripción correspondería a su

   A) genotipo.
   B) medio ambiente.
   C) fenotipo.
   D) alelo.
   E) genotipo dominante

2. Indique cuál de las siguientes alternativas corresponde a la expresión de genes alelomórficos.

   A) bigotes largos - bigotes en punta
   B) cabello rizado - cabello negro
   C) nariz aguileña - labios delgados
   D) labios gruesos - labio leporino
   E) ojos verdes - ojos marrones.

3. Se cruzan dos gatos siameses de pelo corto y se tienen 12 gatitos, de los cuales 10 tienen pelo corto y 2 tienen pelo largo. De acuerdo con los resultados obtenidos, los gatitos que se cruzan son

   A) MM×MM.
   B) MM×Mm.
   C) Mm×Mm.
   D) MM×mm.
   E) Mm×mm.

4. En una pareja de esposos ambos presentan nariz aguileña, además, son híbridos para esta características. Si ellos desearan tener hijos, ¿cuál sería la probabilidad de tener un hijo que herede solamente alelos recesivos?

   A) 3/4 B) 1/8 C) 1/2
   D) 1/3 E) 1/4

5. Un agricultor siembra chícharo de semilla amarilla y luego de un tiempo lo cruza con uno de semilla verde. Determine la relación genotípica que obtiene el agricultor si se sabe que la semilla amarilla que cruzó fue híbrida.

   A) 1: 2: 1 B) 1: 3 C) 2: 2
   D) 3: 1 E) 9: 3: 3: 1

6. Un chícharo de talla alta se cruza con uno de talla baja y se obtienen algunos descendientes de talla alta. Por lo tanto, los genotipos de los progenitores son, respectivamente,

   A) aa y Aa. B) PP y pp. C) Aa y cc.
   D) BB y Bb. E) Bb y bb.

7. Si un individuo presenta el genotipo AaBBccDdEe, ¿cuántos gametos diferentes formará?

   A) dos B) cuatro C) seis
   D) ocho E) dieciséis

8. ¿Cuántos genotipos diferentes se obtienen de un cruce de trihíbridos?

   A) 3 B) 8 C) 18
   D) 24 E) 27

9. Si el fenotipo de dos individuos es dominante y la relación genotípica es el mismo que la relación fenotípica. Determine la relación genotípica del cruce de sus descendientes que presenten un alelo recesivo.

   A) 2:1:2 B) 2:2 C) 1:2:1
   D) 3:1 E) 3:3

Lumbreras Editores

10. En la avena, los granos pueden ser amarillos o blancos. Esta condición es determinada por un solo par de alelos. La planta normalmente se autofertiliza. Una planta de grano amarillo fue cruzada con otra planta de grano blanco, lo cual produce toda la descendencia F_1 de grano amarillo. Si las plantas F_1 se autofertilizan, ¿qué proporción genotípica se obtendrá?

A) 3:1 B) 2:2 C) 1:2:1
D) 4:0 E) 3:3

11. El cruce de arvejas de semillas lisas origina en la descendencia 1/4 de plantas con semillas rugosas. Determine el genotipo de los progenitores.

A) AA, AA B) AA, aa C) Aa, aa
D) Aa, Aa E) aa, aa

12. ¿De qué cruce se obtiene la proporción fenotípica 3:1?

A) AA×AA
B) Aa×aa
C) aa×aa
D) Aa×Aa
E) AA×Aa

13. ¿En qué tipo de cruce se obtiene la relación genotípica y fenotípica 2:2?

A) Entre dos homocigotes iguales.
B) Entre dos heterocigotes.
C) Entre un homocigote recesivo y un heterocigote.
D) Entre un heterocigote y un homocigote dominante.
E) Entre un homocigote dominante y un homocigote recesivo.

14. Determine la proporción genotípica de la descendencia con cuerno helicoidal que proviene de un cruce entre un ovino macho heterocigote y un ovino hembra de cuernos rectos si el carácter para cuernos helicoidales es dominante.

A) 1/4 B) 3/4 C) 2/4
D) 1/2 E) 4/4

15. Un criador de perritos quiere obtener perros solamente de pelo negro y orejas grandes, que son características dominantes. Si la hembra es de pelo blanco y de orejas pequeñas (homocigote), ¿cuál debe ser el genotipo del macho?

A) Nn oo B) Nn OO C) NN oo
D) nn oo E) NN OO

16. De un cruce de plantas de arvejas, una con vaina verde heterocigota y otra con vaina amarilla, se extrae de la F_1 aquellas de vaina verde. Al cruzarse se obtiene un ..... de plantas con vaina amarilla.

A) 100% B) 75% C) 50%
D) 25% E) 10%

17. ¿Cuál es la probabilidad de obtener potrillos dihíbridos de pelaje negro y a trote, producto del cruce de un caballo línea pura pelaje blanco y al trote híbrido, con una yegua de pelaje negro híbrido y de paso?

A) 1/2 B) 1/4 C) 1/8
D) 1/6 E) 1/9

18. ¿Cuál es la probabilidad de obtener individuos de línea pura recesiva producto del cruce entre un dihíbrido y otro que posee los dos caracteres recesivos?

A) 1/2 B) 1/8 C) 1/4
D) 2/4 E) 1/3

Lumbreras Editores

19. En un bibero un agricultor cruza dos plantas de diferentes líneas puras y en la primera generación obtiene como resultado 54 plantas altas y 60 enanas. Halle la relación genotípica de la F2.

A) 1 AA: 2 aa: 1Aa
B) 1 AA: 2 Aa: 1 aa
C) 3 Aa: 1aa
D) 4 AA: 0 aa
E) 2 Aa: 2 aa

20. El fruto de los melones puede ser liso o a rayas y alargado o achatado. Una planta de una variedad homocigótica de fruto liso y alargado se cruzo con otra, también homocigótica, de fruto a rayas y achatado. Al realizar un cruce mendeliano, se obtuvo que todas las plantas de la F1 eran dihibridas y tenían el fruto liso y achatado. ¿Cuál es la probabilidad de obtener frutos lisos y de rayas en la F2?

A) 1/4 B) 1/16 C) 9/16
D) 3/16 E) 3/4

21. Un tipo de herencia autosómica recesiva es el albinismo. Si consideramos todas las conbinaciones posibles en los seres humanos, el número de combinaciones que genera el 100% de los descendientes con fenotipo dominante es

A) 1 B) 5 C) 4
D) 2 E) 3

22. En la ley de la segregación, cuando se cruzan guisantes amarillos y verdes en la F1 todos los hibridos son del mismo color (amarillo), pero al cruzarse se obtiene una F2 con una proporción de colores 3:1 (amarillo: verde). ¿Cuál sería la conclusión correcta?

A) El gen para el color amarillo es recesivo.
B) El gen para el color verde es dominante.
C) 1/4 de la F2 es homocigote recesivo.
D) Los genes se segregan y no se distribuyen independientemente.
E) En la F2 no se expresan los recesivos.

23. Si una planta homocigótica de flor lila se cruza con una de flor blanca, sabiendo que la flor lila es dominante sobre la flor blanca ¿Cómo serán los fenotipos de la F1 y F2 respectivamente?

A) 100% flor lila; 75% flor lila, 25% flor blanca.
B) 75% flor lila; 100% flor blanca.
C) 100% flor lila; 25% flor lila, 75% flor blanca.
D) 25% flor lila 75% flor blanca; 100% flor lila.
E) 75% flor lila, 25% flor blanca; 100% flor lila.

24. En las plantas de la palta, la textura del fruto liso es dominante sobre el rugoso y la forma para redondo es dominante sobre para alargado. En el cruce AABb x aabb, ¿cuál es la probabilidad de obtener frutos lisos y alargados?

A) 1/2 B) 1/4 C) 3/16
D) 9/16 E) 1/8

25. Pablo es un criador de cobayos que en una serie de camadas se da cuenta que hay 3 pequeños cobayos blancos con pelo liso, 10 blancos con pelo rizado, 9 rojos con pelo liso y 28 rojos con pelo rizado. ¿Cuál podría ser el genotipo de los progenitores?

A) Aabb x AABB
B) AABB x AaBb
C) AABB x AABB
D) Aabb x aabb
E) AaBb x AaBb

twitter.com/calapenshko

CAPÍTULO XII

HERENCIA POSMENDELIANA

Objetivos

- Comprender que las leyes de Mendel explican las formas de herencia de los genes y no la función y naturaleza de los mismos.
- Reconocer los tipos de alelos y su influencia en la expresión fenotípica de los organismos.
- Identificar las diferentes formas de interacciones genéticas.

Introducción

Las leyes de Mendel parecen ser válidas a lo largo del desarrollo genético para organismos eucarióticos. Estas leyes forman una base para predecir el resultado de cruzamientos simples; sin embargo, solo es una base, ya que el mundo real de los genes y los cromosomas es más complejo que lo que sugieren las leyes de Mendel, y las extensiones y excepciones son muchas.

En la primera década del siglo XX se observó que algunos heterocigotes mostraban rasgos intermedios, lo que contradecía la herencia de la dominancia completa descubierta por Mendel. Este tipo de herencia sería denominada, con el tiempo, no mendeliana. Sin embargo, la dominancia completa no es lo esencial de las leyes de Mendel, lo importante de ellas es la forma en que se trasmiten las características biológicas. Mendel y los mendelistas aportaron el descubrimiento de los principios básicos que rigen la herencia en las plantas y en los animales. Este nuevo tipo de herencia no invalidan las leyes de Mendel, antes bien, demuestran que existen otras situaciones que pueden explicarse mediante la distribución y la segregación independiente de las parejas génicas, situaciones que deben ser acomodadas en el entramado del análisis genético.

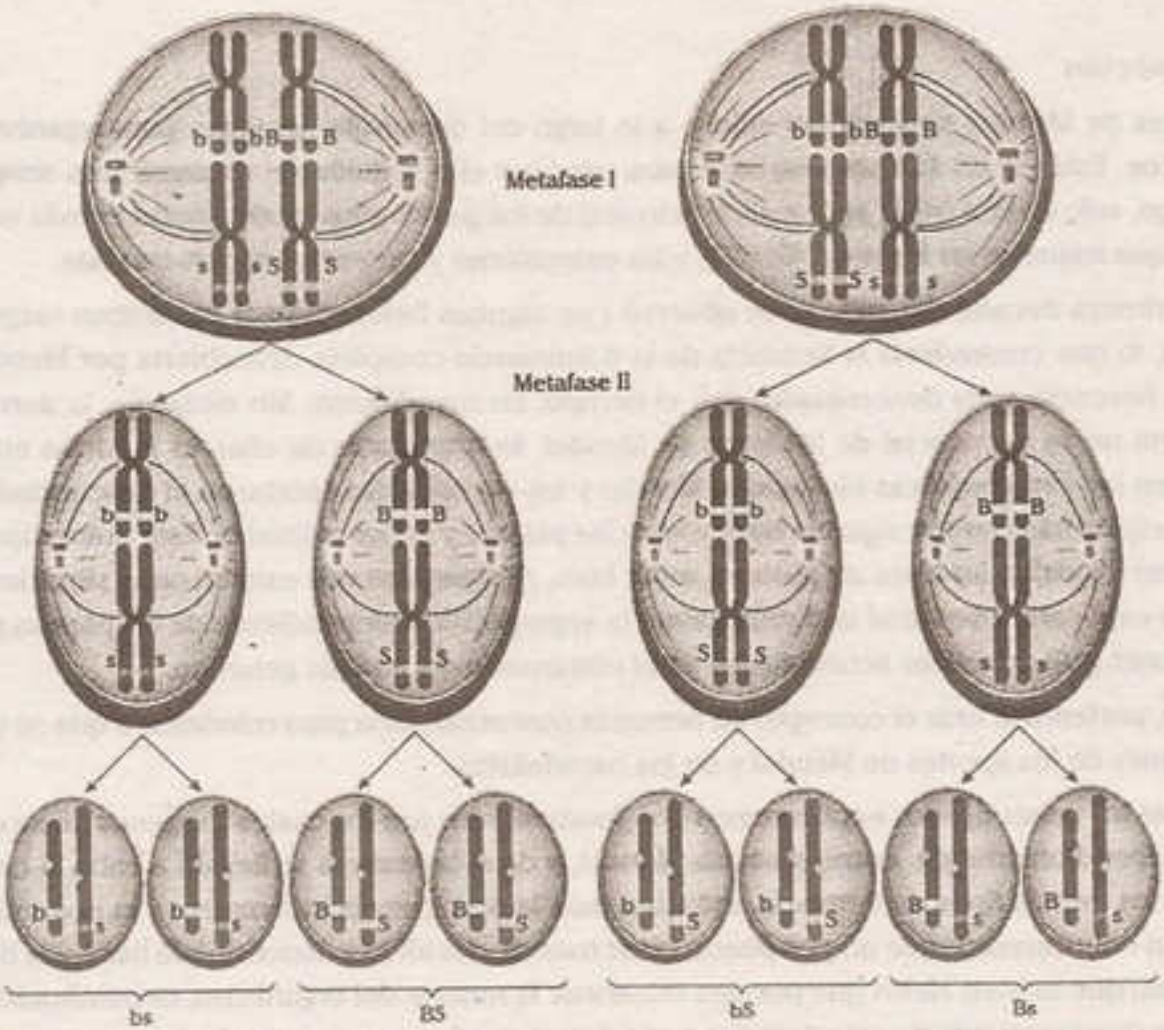
Por ello, preferimos usar el concepto de herencia posmendeliana para referirnos a que se desarrolla después de los aportes de Mendel y de los mendelistas.

Mediante los genes ligados explicaremos los fundamentos por los cuales los genes no se distribuyen independientemente como sostenía Mendel, y de esta manera se llevará a cabo la comprensión de los demás tipos de herencia, estudiaremos la dominancia incompleta y la codominancia. También conoceremos que un gen puede tener más de dos alelos, denominada herencia de alelos múltiples; que existen alelos que pueden ocasionar la muerte del organismo, denominados alelos letales, y que la mayoría de características está determinada por un conjunto de genes que interactúan entre sí y con el medio ambiente, lo que se denomina herencia poligénica.

1 ▸ Meiosis, base de la distribución independiente

En la actualidad se sabe que la distribución independiente es consecuencia de los acontecimientos en la meiosis. La distribución independiente se presenta porque existen dos modos distintos en que dos pares de cromosomas homólogos pueden disponerse en la metafase I de la meiosis. Tales modos ocurren al azar: cerca de la mitad de células meióticas asumen una orientación; mientras que en la otra mitad, las células asumen la orientación opuesta. La orientación de los cromosomas homólogos en la placa de metafase determina el modo en que se separarán y distribuirán en las células haploides. Por ejemplo, en la siguiente imagen, los diferentes pares de cromosomas homólogos se pueden alinear de dos distintas maneras en la metafase I y ser subsecuentemente distribuidos. Una célula, orientada hacia la izquierda, produce gametos que serán mitad BS y la otra midad será bs; inversamente, la célula, orientada hacia la derecha, elabora gametos que serán Bs y bS. Debido a que aproximadamente la mitad de las células meióticas en la metafase I son de cada tipo, la razón de los cuatro posibles tipos de gametos es 1:1:1:1.

Meiosis y transmisión independiente



El principio de transmisión independiente de Mendel. El hecho de que los factores para diferentes características se separen independientemente entre sí, antes de la formación de los gametos, es una consecuencia directa de los eventos en la meiosis.

2▸ TEORÍA CROMOSÓMICA DE LA HERENCIA

Cuando Gregor Mendel comenzó a investigar la herencia en 1843, los cromosomas aún no se habían observado en un microscopio. Hasta que diseñaron mejores microscopios y técnicas en los últimos años de la década de 1800, así fue como los biólogos celulares comenzaron a teñir y ver las estructuras subcelulares, y observaron los eventos durante las divisiones celulares (mitosis y meiosis).

En el transcurso del tiempo, algunos científicos empezaron a estudiar el trabajo de Mendel, ignorado por muchos años, y a revaluar su modelo en términos del comportamiento de los cromosomas. Aproximadamente a principios del siglo XX, la comunidad biológica presentó las primeras conexiones tentativas entre los cromosomas, la meiosis y la herencia de los genes.

Walter Sutton y Theodor Boveri generalmente se llevan el crédito por este conocimiento. Sutton, científico norteamericano, estudió los cromosomas y la meiosis en los saltamontes. Boveri, científico alemán, estudió lo mismo en los erizos de mar.

En 1902 y 1903, Sutton y Boveri publicaron trabajos independientes que propusieron lo que ahora conocemos como la teoría cromosómica de la herencia. Esta teoría explica que los genes individuales se encuentran en lugares específicos y en cromosomas particulares, y que el comportamiento de los cromosomas durante la meiosis puede explicar por qué los genes se heredan de acuerdo a las leyes de Mendel.

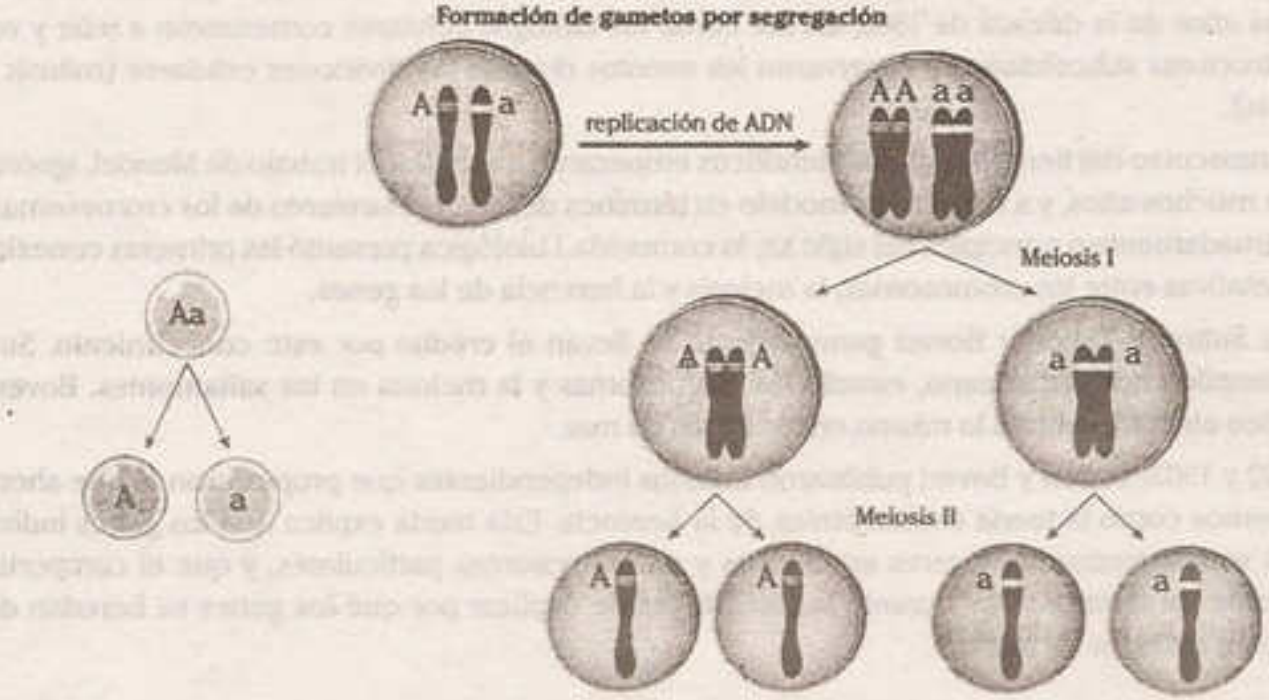
Walter Sutton Theodor Boveri

Entre las observaciones que apoyan la teoría cromosómica de la herencia se incluyen los siguientes:

- Los cromosomas, como los genes de Mendel, vienen en pares equivalentes (homólogos) en un organismo. Para los genes y los cromosomas, un miembro del par proviene de la madre y el otro proviene del padre.

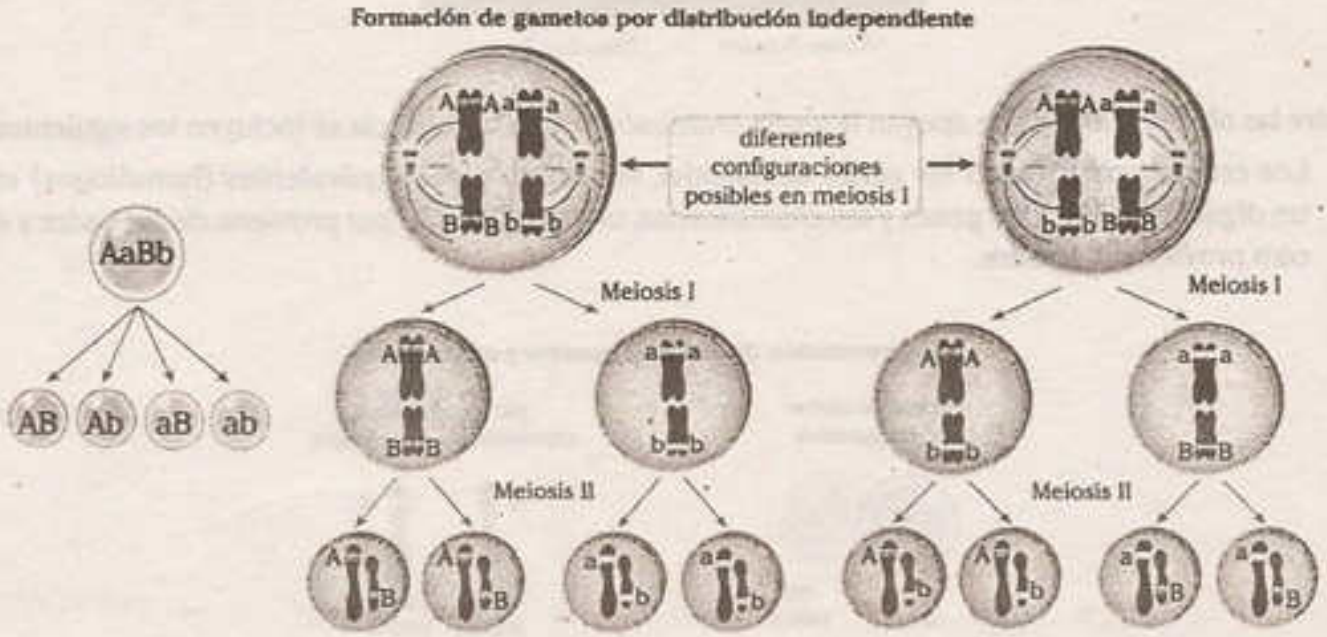
Representación de alelos en gametos y cromosomas

- Los miembros de un par homólogo se separan durante la meiosis, así que cada espermatozoide u óvulo recibe solo un miembro. En la ley de la segregación de Mendel este proceso refleja la segregación de los alelos en gametos.



Durante la meiosis I, los cromosomas homólogos se separan, y durante la meiosis II, las cromátidas de cada cromosoma homólogo se separan. Finalmente se producen cuatro gametos: dos tienen un cromosoma con un alelo A, y dos tienen un cromosoma con un alelo a.

- Los miembros de diferentes pares de cromosomas se reparten en gametos de manera independiente en la meiosis, justo como los alelos de diferentes genes en la ley de distribución independiente de Mendel.



En el diagrama anterior se puede apreciar que un individuo AaBb forma cuatro tipos de gametos igualmente comunes: AB, Ab, aB y ab, tanto en la genética mendeliana como en la distribución independiente de cromosomas en la meiosis. El diagrama muestra la relación entre la configuración cromosómica en la meiosis I y la segregación de homólogos en los gametos para dos pares de cromosomas homólogos. El par de cromosomas de mayor tamaño lleva el gen A y el par de cromosomas más pequeño lleva el gen B. El organismo es heterocigoto, por lo que el par homólogo más grande consta de un alelo A y un alelo a, mientras que el par más pequeño consta de un cromosoma con un alelo B y otro con un alelo b.

Si los homólogos que llevan los alelos A y B se colocan a un lado de la placa metafásica, los homólogos que llevan los alelos a y b se colocarán al otro lado de la placa metafásica, entonces se producirán gametos AB y ab. Si por otra parte, los homólogos que llevan los alelos A y b se colocan a un lado de la placa metafásica y los homólogos que llevan los alelos a y B del otro, se producirán gametos Ab y aB.

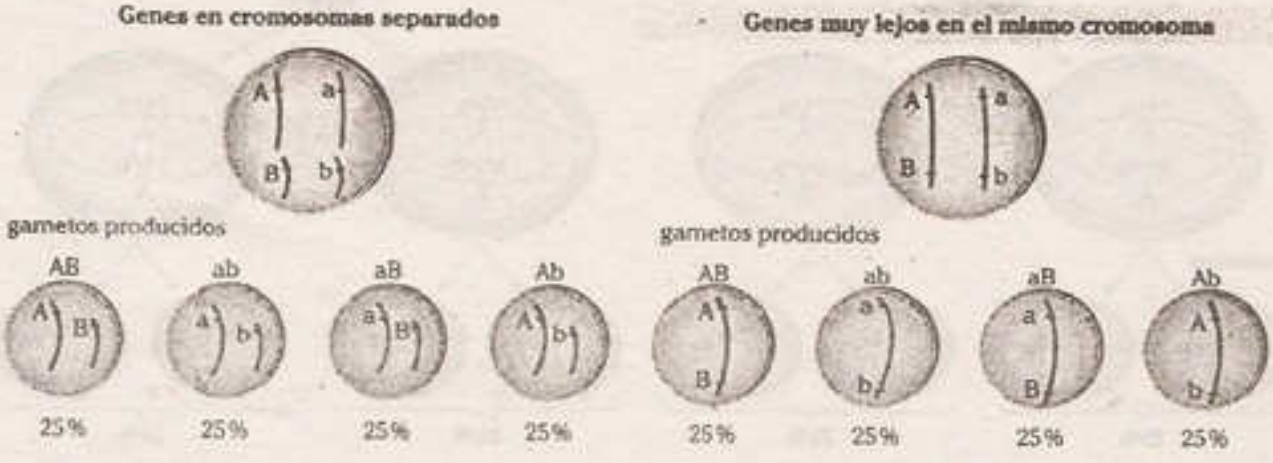
La teoría cromosómica de la herencia fue propuesta antes de que hubiera cualquier evidencia directa de que los rasgos se portaban en los cromosomas, y al principio fue controversial. Al final, se confirmaron evidencias por medio del trabajo del genetista Thomas Hunt Morgan y sus estudiantes, quienes estudiaron la genética de las moscas de la fruta.

3 Ligamiento genético

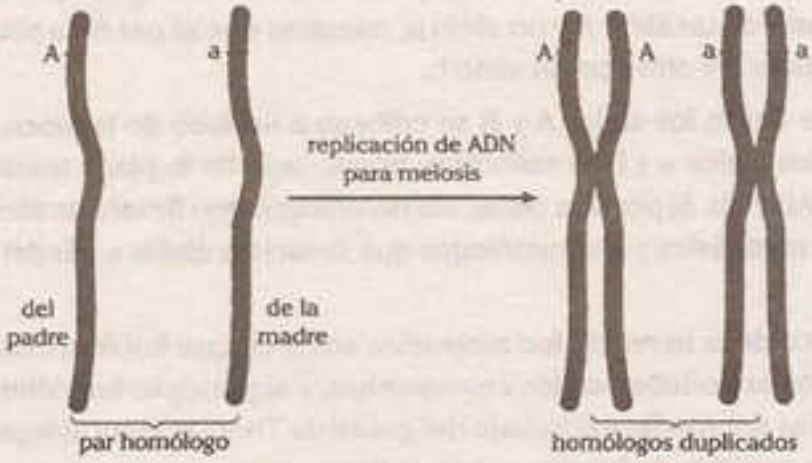
En general, los organismos tienen más genes que cromosomas. Muchos genes se alinean en filas en cada cromosoma y algunos están muy juntos. Los genes que están lo suficientemente juntos en un cromosoma tienden a mantenerse juntos y las versiones (alelos) de esos genes que están juntos en un cromosoma tenderán a ser heredados frecuentemente como un par.

Este fenómeno es denominado **ligamiento genético**. Cuando los genes están ligados, los cruzamientos genéticos que involucran esos genes darán lugar a proporciones de gametos (óvulo y espermatozoide) y tipos de descendientes que no son lo que predeciríamos por la ley de distribución independiente de Mendel.

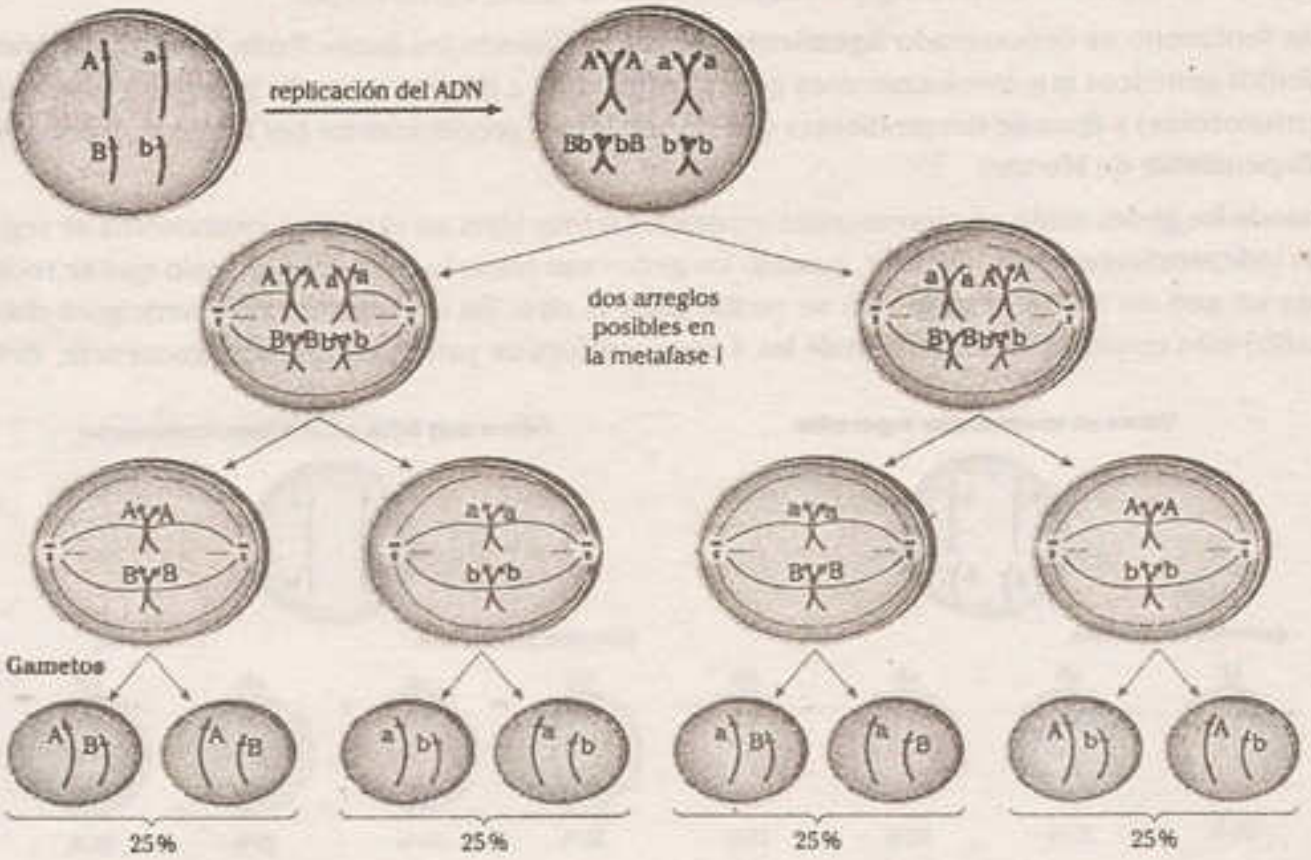
Cuando los genes están en cromosomas separados o muy lejos en el mismo cromosoma se segregan independientemente. Es decir, cuando los genes van hacia los gametos, el alelo que se recibe para un gen no afecta al alelo que se recibe para el otro. En un organismo heterocigoto doble (AaBb) esto resulta en la formación de los 4 tipos posibles de gametos con igual frecuencia, 25%.



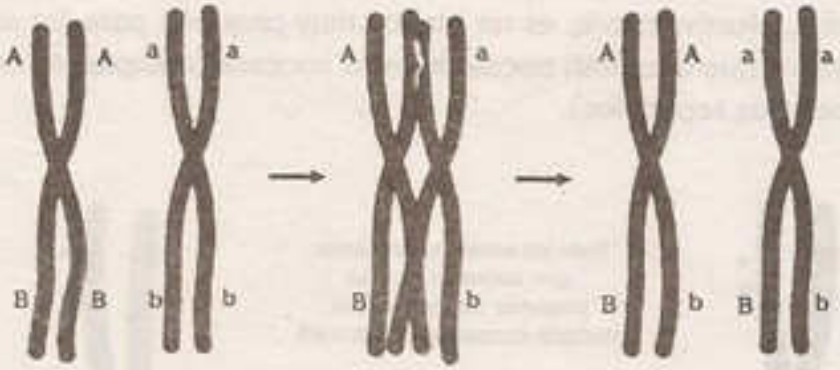
¿Por qué pasa esto? Los genes en cromosomas separados se segregan independientemente debido a la orientación aleatoria de los pares de cromosomas homólogos durante la meiosis. Los cromosomas homólogos son cromosomas apareados que portan los mismos genes, pero pueden tener alelos diferentes de esos genes. Un miembro de cada par homólogo viene de la madre de un organismo, el otro viene del padre.



Como se observa en el diagrama siguiente, los homólogos de cada par se separan en la primera etapa de la meiosis. En este proceso, el lugar a donde van los cromosomas de la madre y del padre de cada par es aleatorio. Los genes A y B con sus variantes a y b determinan diferentes características y forman cuatro tipos de gametos que se producen con la misma frecuencia.



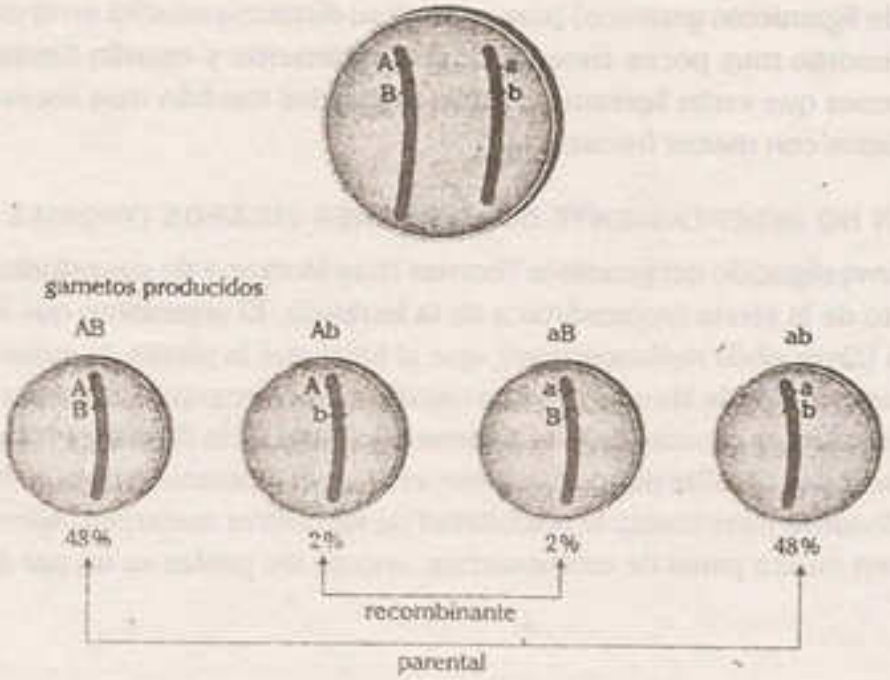
Cuando los genes están en el mismo cromosoma, pero muy separados, se segregan independientemente debido al entrecruzamiento (recombinación homóloga). Este es un proceso que sucede al inicio de la meiosis, en el cual, los cromosomas homólogos intercambian fragmentos equivalentes de forma aleatoria. El entrecruzamiento puede combinar nuevos alelos en el mismo cromosoma, lo que causa que vayan hacia el mismo gameto. Cuando los genes están muy separados, el entrecruzamiento sucede con la frecuencia suficiente para que todos los tipos de gametos se produzcan con 25% de frecuencia.



Entrecruzamiento

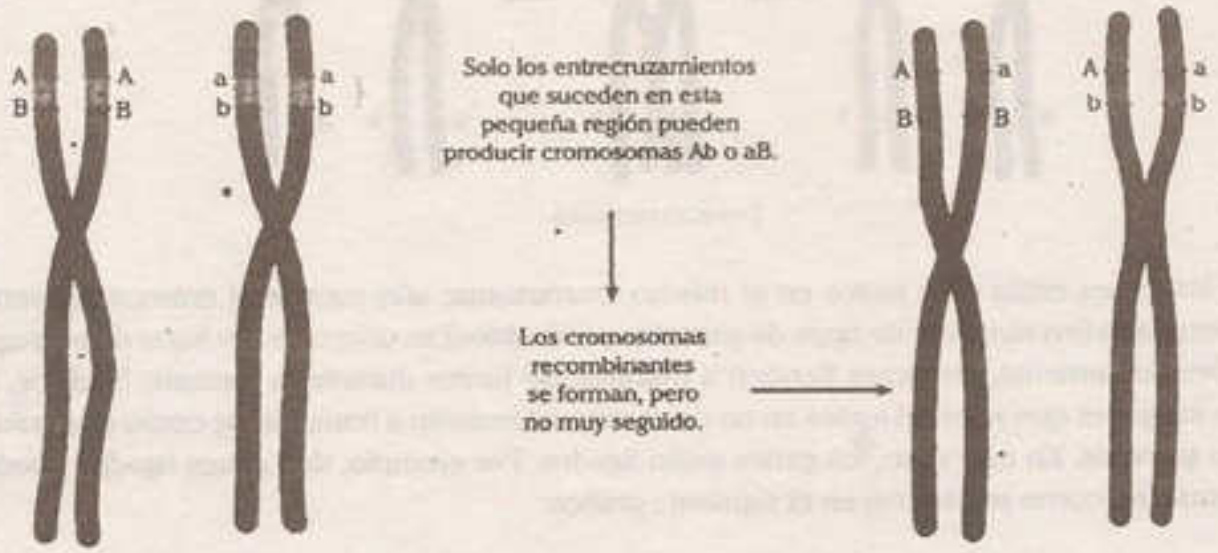
Cuando los genes están muy juntos en el mismo cromosoma, aún sucede el entrecruzamiento, pero el resultado (en términos de tipos de gametos producidos) es diferente. En lugar de segregarse independientemente, los genes tienden a mantenerse juntos durante la meiosis. Es decir, los alelos de los genes que ya están juntos en un cromosoma tenderán a transmitirse como una unidad hacia los gametos. En este caso, los genes están ligados. Por ejemplo, dos genes ligados pueden comportarse así como se observa en el siguiente gráfico:

GENES QUE ESTÁN MUY JUNTOS EN EL MISMO CROMOSOMA



Observamos tipos de gametos que se presentan en proporciones muy desiguales. Los tipos comunes de gametos contienen configuraciones **parentales** de alelos, es decir, los que ya estaban juntos en el cromosoma del organismo antes de la meiosis (en el cromosoma que obtuvo de sus padres). Los tipos raros de gametos contienen configuraciones **recombinantes** de alelos: los que solo pueden formarse si ocurre recombinación (entrecruzamiento) entre los genes.

El entrecruzamiento entre dos genes que están muy juntos no es muy común. Los entrecruzamientos durante la meiosis ocurren en posiciones más o menos aleatorias a lo largo del cromosoma, entonces la frecuencia de entrecruzamientos entre dos genes depende de la distancia entre ellos. Una distancia muy corta, efectivamente, es un blanco muy pequeño para los sucesos de entrecruzamiento, esto significa que ocurrirán pocos de estos sucesos (comparado con el número de sucesos entre dos genes más separados).



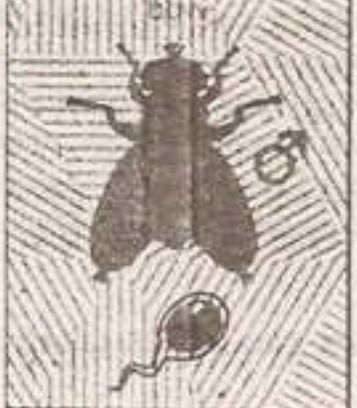
Gracias a esta relación, podemos usar la frecuencia de sucesos de recombinación entre dos genes (es decir, su grado de ligamiento genético) para estimar su distancia relativa en el cromosoma. Dos genes muy juntos tendrán muy pocos sucesos de recombinación y estarán fuertemente ligados; mientras que dos genes que están ligeramente más separados tendrán más sucesos de recombinación y estarán ligados con menor frecuencia.

3.1. TRANSMISION NO INDEPENDIENTE DE LOS GENES LIGADOS (THOMAS MORGAN)

Al inicio de 1910, la investigación del genetista Thomas Hunt Morgan y de sus estudiantes graduados extendió el concepto de la teoría cromosómica de la herencia. El organismo que investigaron fue la mosca de la fruta (*Drosophila melanogaster*), que al igual que la planta de guisante (modelo de investigación para los estudios de Mendel), fue un organismo perfecto para ampliar el conocimiento general sobre la herencia. Las moscas de la fruta tienen un corto ciclo de vida, 14 días, y su pequeño tamaño significa que miles de ellas pueden establecerse en el laboratorio para su investigación. El gran número de individuos incrementa la posibilidad de identificar mutantes. Además, las moscas de la fruta solo tienen cuatro pares de cromosomas, uno de los cuales es un par de cromosomas sexuales.

Al analizar con cuidado los resultados de los cruzamientos de las moscas de la fruta, Morgan y sus estudiantes demostraron que los genes se disponían en un orden lineal en cada cromosoma. Morgan también demostró que la transmisión independiente no se aplica si los dos loci están muy juntos en el mismo par de cromosomas homólogos. En las moscas de la fruta existe un locus que controla la forma de las alas: el alelo dominante V para alas normales y el alelo recesivo v para las alas anormalmente cortas o rudimentarias. Otro locus controla el color del cuerpo: el alelo dominante B para cuerpo gris y el alelo recesivo b para cuerpo negro. Si una mosca homocigoto BBVV se cruza con una mosca homocigoto bbvv, entonces todas las moscas F1 tienen cuerpos grises y alas normales, y su genotipo es BbVv.

Ya que esos loci son muy cercanos entre sí en el mismo par de cromosomas homólogos, sus alelos no se transmiten independientemente, más bien, son genes ligados que tienden a ser heredados juntos. Con facilidad se puede observar el ligamiento en los resultados de un cruzamiento de prueba, en el cual, las moscas F1 heterocigotos (BbVv) se aparean con moscas recesivas homocigotos (bbvv).

	Gametos tipo parental		Gametos tipo recombinante	
negro, alas rudimentarias, bbvv	gris normal	negro rudimentario	gris rudimentario	negro normal
	BbVv	bbvv	Bbvv	bbVv
Resultados esperados, transmisión independiente	575	575	575	575
Resultados reales	965	944	206	185

Cruzamiento de prueba de dos puntos para detectar ligamiento en las moscas de la fruta

Debido a que los individuos heterocigotos se aparean con individuos recesivos homocigotos, este cruzamiento de prueba es similar al cruzamiento de prueba para una característica. Sin embargo, se denomina **cruzamiento de prueba de dos puntos**, ya que participan los alelos de dos loci. Si no estuvieran ligados a los loci que controlan esos rasgos, es decir, sobre diferentes cromosomas, entonces el progenitor heterocigoto en un cruzamiento de prueba produciría cuatro tipos de gametos (BV, Bv, bV y bv) en cantidades iguales. Esta transmisión independiente produciría descendientes con nuevas combinaciones de genes no presentes en la generación parental. Cualquier proceso que conduce a nuevas combinaciones de alelos se denomina recombinación genética. En nuestro ejemplo, los gametos Bv y bV son **tipos recombinantes**. Los otros dos tipos de gametos, BV y bv, son **tipos parentales** porque son idénticos a los gametos producidos por la generación P.

De hecho, el primogénito homocigoto recesivo solo produce un tipo de gameto, bv. Si la transmisión independiente fuera a ocurrir en las moscas F1, entonces aproximadamente el 25% de los descendientes del cruzamiento de prueba serían de cuerpo gris con alas normales (BbVv), 25% de cuerpo negro y alas normales (bbVv), 25% de cuerpo gris con alas rudimentarias (Bbvv), y 25% de cuerpo negro y alas rudimentarias (bbvv). El cruzamiento de prueba de dos puntos permite determinar los genotipos de los descendientes directamente de sus fenotipos.

En cambio, en el ejemplo, los alelos de los loci no experimentan transmisión independiente porque estan ligados. Los alelos en distintos loci, pero cercanos entre sí sobre un cromosoma dado tienden a ser heredados juntos, ya que los cromosomas se aparean y separan durante la meiosis como unidades, entonces los alelos en diferentes loci sobre un cromosoma dado tienden a ser heredados como unidades.

Si el ligamiento fuera completo, solo se producirían las moscas tipo parental, aproximadamente el 50% con cuerpos grises y alas normales (BbVv), y el otro 50% con cuerpos negros y alas rudimentarias (bbvv).

Sin embargo, en el ejemplo, los descendientes también incluyen algunas moscas grises de alas rudimentarias y moscas negras con alas normales. Estas son moscas recombinantes que recibieron un gameto tipo recombinante de un progenitor F1 heterocigoto.

Cada gameto tipo recombinante se origina por el **entrecruzamiento** entre esos loci en una célula meiótica de una mosca hembra heterocigota. Es inusual que en las moscas de la fruta el entrecruzamiento solo ocurra en hembras y no en machos, es más común que el entrecruzamiento suceda en ambos sexos de una especie. Cuando los cromosomas se aparean y sufren sinapsis, el entrecruzamiento ocurre conforme las cromátidas homólogas (no hermanas) intercambian segmentos de material cromosómico mediante un proceso de rompimiento y reunificación catalizado por enzimas.

3.2. CÁLCULO DE LA FRECUENCIA DE ENTRECRUZAMIENTO DE LOS GENES LIGADOS A UN CROMOSOMA

En el ejemplo de la mosca de la fruta, 391 de los descendientes son tipos recombinados: moscas grises con alas rudimentarias, Bbvv (206 del total), y moscas negras con alas normales, bbVv (185 del total). Los restantes, 1909 descendientes, son de tipo parental. Esos datos se pueden emplear para calcular el porcentaje de entrecruzamiento entre los loci. Se suma el número de individuos en los dos tipos recombinantes de descendientes, se divide entre el número total de descendientes y se multiplica por 100. Así, el locus V y el locus B tienen 17% de recombinacion entre ellos.

Durante una sola división meiótica, el entrecruzamiento puede ocurrir en varios puntos diferentes a lo largo de cada par de cromosomas homólogos. En general, el entrecruzamiento es más posible que ocurra entre dos loci si están muy separados en el cromosoma, y es menos probable que suceda si están muy juntos. Debido a esta correlación entre la frecuencia de recombinación de dos loci y la distancia lineal entre ellos, se puede generar un mapa genético del cromosoma que convierte el porcentaje de recombinación a **unidades de mapa**. Por convención, el 1% de recombinación entre dos loci es igual a una distancia de 1 unidad de mapa, así los lugares en el ejemplo estan separados 17 unidades de mapa.

Cómo determinar la frecuencia de recombinación de un cruzamiento de prueba de dos puntos

Tipo de descendiente	Resultados del cruzamiento de prueba			
	tipo parental		tipo recombinante	
Fenotipo	gris normal	negro rudimentario	gris rudimentario	negro normal
Genotipo	BbVv	bbvv	Bbvv	bbVv
Número de descendientes	965	944	206	185
Cálculos de frecuencia de recombinación	1. número de descendientes de tipo parental=1909 2. número de descendientes de tipo recombinante=391 3. número de descendientes=1909+391=2300 4. frecuencia de recombinación=391/2300×100=17%			

En muchas especies, los científicos han determinado las frecuencias de recombinación entre loci ligados y específicos. Todos los resultados experimentales son consistentes con la hipótesis de que los genes están presentes en el orden lineal en los cromosomas. El cuadro anterior ilustra el método tradicional para determinar el orden lineal de genes en un cromosoma. El orden genético (es decir, qué locus está entre los otros dos) se determina por el porcentaje de recombinación entre los posibles pares. En un ejemplo hipotético, el porcentaje de recombinación entre el locus A y el locus B es de 5% (correspondiente a 5 unidades de mapa), y entre B y C es de 3% (3 unidades de mapa). Existen dos opciones para el orden lineal de esos alelos.

Si la recombinación entre A y C es de 8% (8 unidades de mapa), entonces B debe estar en medio.

Si la recombinación entre A y C es de 2%, entonces C debe estar en medio.

Al juntar los resultados de numerosos cruzamientos, los científicos han desarrollado mapas detallados de ligamientos para muchas eucariotas, incluyendo la mosca de la fruta, el ratón, la levadura, *Neurospora* (hongo) y multiples plantas, especialmente aquellas que tienen importantes cultivos.

Además, los investigadores han utilizado métodos genéticos para crear un detallado mapa de la *Escherichia coli*, bacteria con una sola molécula de ADN circular, y de muchas otras procariotas y virus. También han realizado mapas mucho más sofisticados de cromosomas de varias especies.

4▸ Efecto cuantitativo y cualitativo de los genes

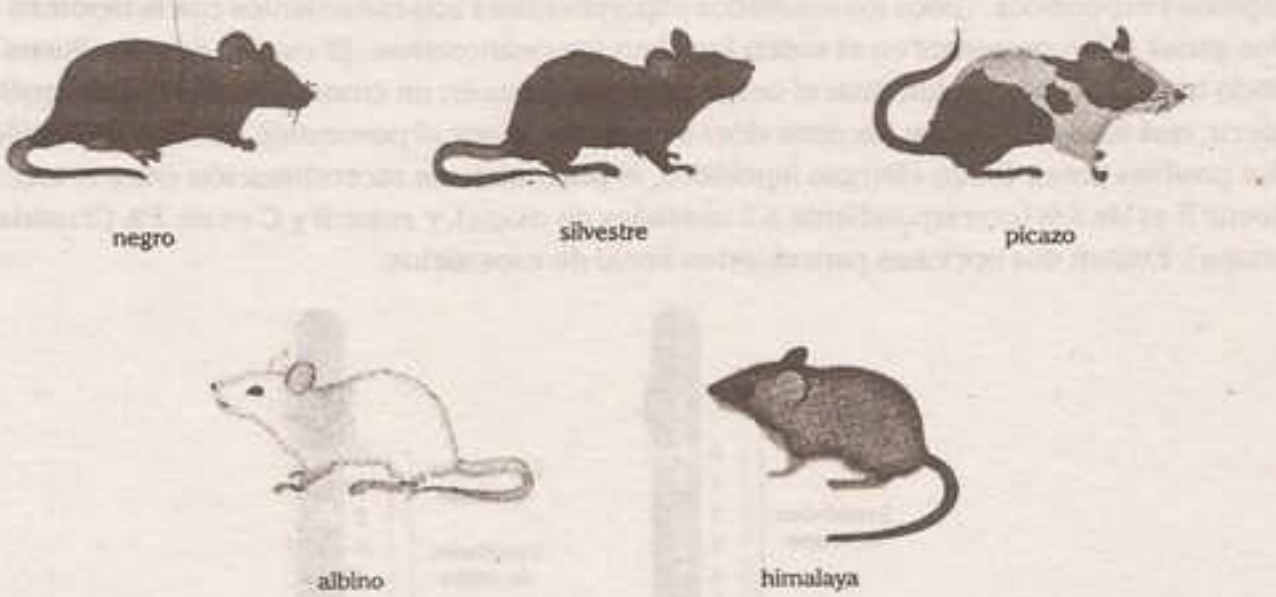
Se sabe que los genes expresan información al generar proteínas en las células. Las proteínas hacen realidad una característica al formar parte de una estructura o al actuar como enzimas en el metabolismo.

Los genes se distribuyen por pares. En un homocigoto, los genes (alelos) son iguales y se manifiestan por igual, lo cual indica que el efecto cualitativo es la suma cuantitativa de los efectos de ambos alelos. En cambio, en un heterocigoto, los genes (alelos) no son iguales y el efecto es también resultado de la acción de ambos alelos o solo del alelo dominante.

En el heterocigoto mendeliano, el efecto del alelo dominante predomina sobre el alelo recesivo. El alelo más frecuente (alelo normal, alelo silvestre) es dominante normalmente y se utiliza como patrón de comparación.

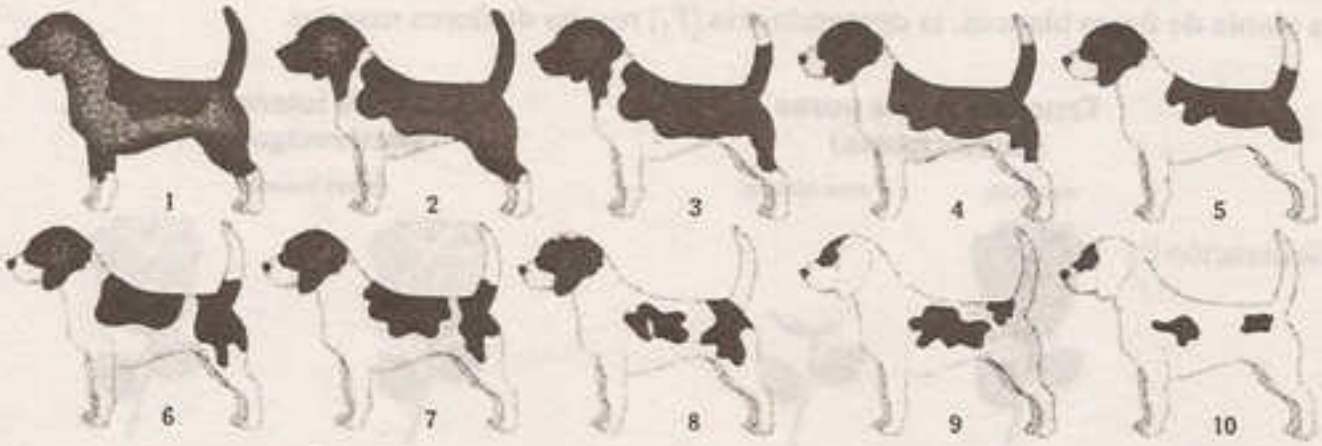
En los casos que plantearemos se observará que la acción de dos alelos puede mostrar un efecto intermedio entre ambos, o ambos alelos a la vez pueden mostrar su efecto con la misma fuerza. También es posible que generen un fenotipo nuevo o ejerzan un efecto letal.

Color de pelaje en mamíferos



La herencia del color del pelaje en los mamíferos es muy compleja, en ella participan genes dominantes, codominantes, de dominancia incompleta y alelos epistáticos. En los ratones se puede observar una gran diversidad de fenotipos de color como consecuencia de la cooperación e interacción de muchos genes.

EFECTO CUANTITATIVO Y CUALITATIVO DE GENES



En la raza del perro beagle se pueden observar distintos grados del carácter picazo (piel manchada). Todos estos perros llevan el gen S^F que causa la aparición de manchas; sin embargo, la acción de este gen es afectada por otros pares génicos y por factores externos ambientales y nutricionales que ocasionan fenotipos diferentes.

5▸ DOMINANCIA INCOMPLETA

Es el tipo de herencia en el que la acción de dos alelos origina un fenotipo intermedio, es decir, un tercer fenotipo. Antes de su descubrimiento, lo que se había observado era la dominancia completa de los caracteres en la descendencia. La dominancia incompleta fue descrita, por primera vez en 1905, por el botánico alemán Carl Correns en sus estudios del color de las flores de la especie *Mirabilis jalapa*.

Por ejemplo, en la herencia del color de algunas flores, el genotipo C^RC^R expresa color rojo, el genotipo C^BC^B expresa blanco y el genotipo C^RC^B expresa el color rosado, esto significa que el color rojo no es dominante sobre el blanco ni viceversa, sino que se expresa un color que es intermedio: el rosado.

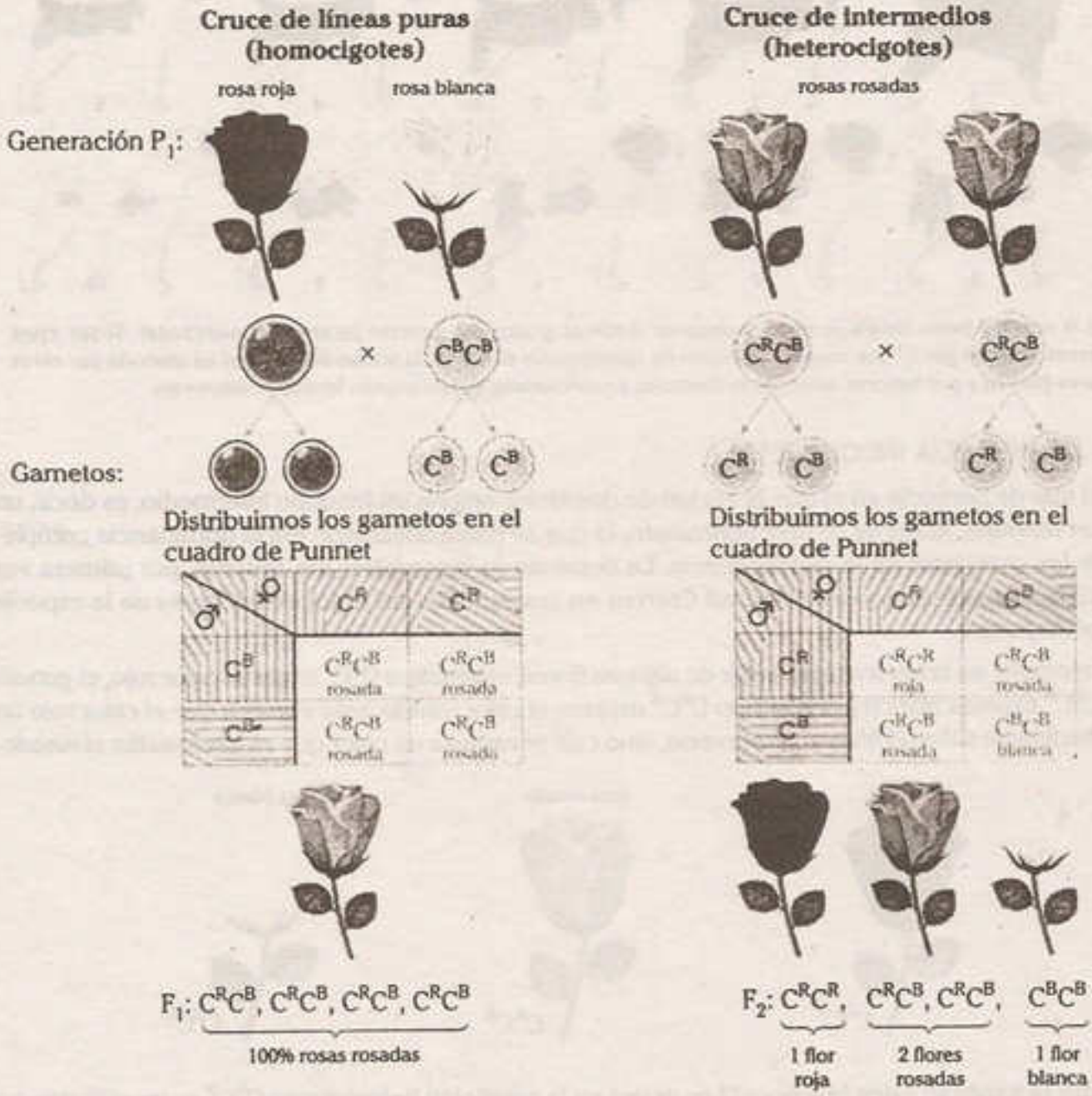
¿Cómo se explican estos fenotipos? Los genes en la condición heterocigoto C^RC^B se manifiestan en forma cualitativa intermedia. En términos bioquímicos, implica que el alelo C^R da origen a enzimas funcionales, pero escasas, produciendo una cantidad limitada de producto final, pigmento rojo, lo que proporciona el color rosado.

Dos alelos C^R juntos codifican el doble de enzimas funcionales y producen una cantidad suficiente de pigmento rojo para dar justamente ese color (C^RC^R). Dos alelos C^B son inoperantes y no generan producto, lo que da flores blancas (C^BC^B).

Los casos de dominancia incompleta, también denominada parcial o intermedia, se presentan en diversas especies, principalmente en plantas y animales. Destaca la dominancia incompleta en la "maravilla peruana" (planta), en la calabaza y en el caballo.

5.1. DOMINANCIA INCOMPLETA EN LAS FLORES DE LA "MARAVILLA DEL PERÚ"

Cuando una planta de flores rojas como la "maravilla peruana" del género *Mirabilis* se cruza con una planta de flores blancas, la descendencia (F_1) resulta de flores rosadas.



Si se cruzan individuos de la F_1 y obtenemos la segunda generación F_2, se observará que las proporciones fenotípicas difieren de las mendelianas.

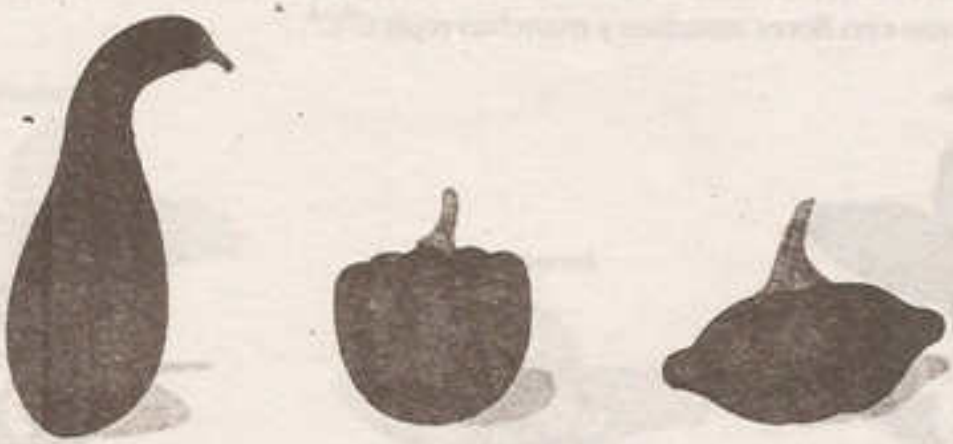
» Nota

Otro ejemplo es la planta del género *Coleus* que tiene variedades puras de hojas verdes y púrpuras, a diferencia de los heterocigotos, cuyas hojas son pardas. En los rábanos, el color de flores puede ser rojo o blanco y los heterocigotos, color púrpura.

5.2. DOMINANCIA INCOMPLETA EN LA CALABAZA

Una línea pura del calabacín que produce frutos en forma de disco se cruza con una línea pura que produce frutos alargados. La F_1 desarrolla frutos en forma de disco, pero en la F_2 aparece un fenotipo nuevo, fruto esférico.

Al realizar varios cruces de la F_1, los resultados de la F_2 son los que siguen, aproximadamente: 270 frutas en forma de disco, 178 frutas esféricas y 32 frutas alargadas.



alargado esférico disco

Los calabacines esféricos manifiestan una forma intermedia entre el alargado y el discoidal. Este es un claro ejemplo de dominancia incompleta porque hay un fenotipo intermedio.

5.3. DOMINANCIA INCOMPLETA EN EL CABALLO

Si se cruza un caballo cremello de línea pura con uno castaño de línea pura se origina el caballo palomino. Este es un claro ejemplo de dominancia incompleta porque en el palomino hay fenotipo intermedio. Si se cruzan dos caballos palominos en la F_2 se observa 25 % cremellos, 50 % palominos y 25 % castaños.

cremello palomino castaño

Los caballos palomino manifiestan una forma intermedia entre el cremello y el castaño.

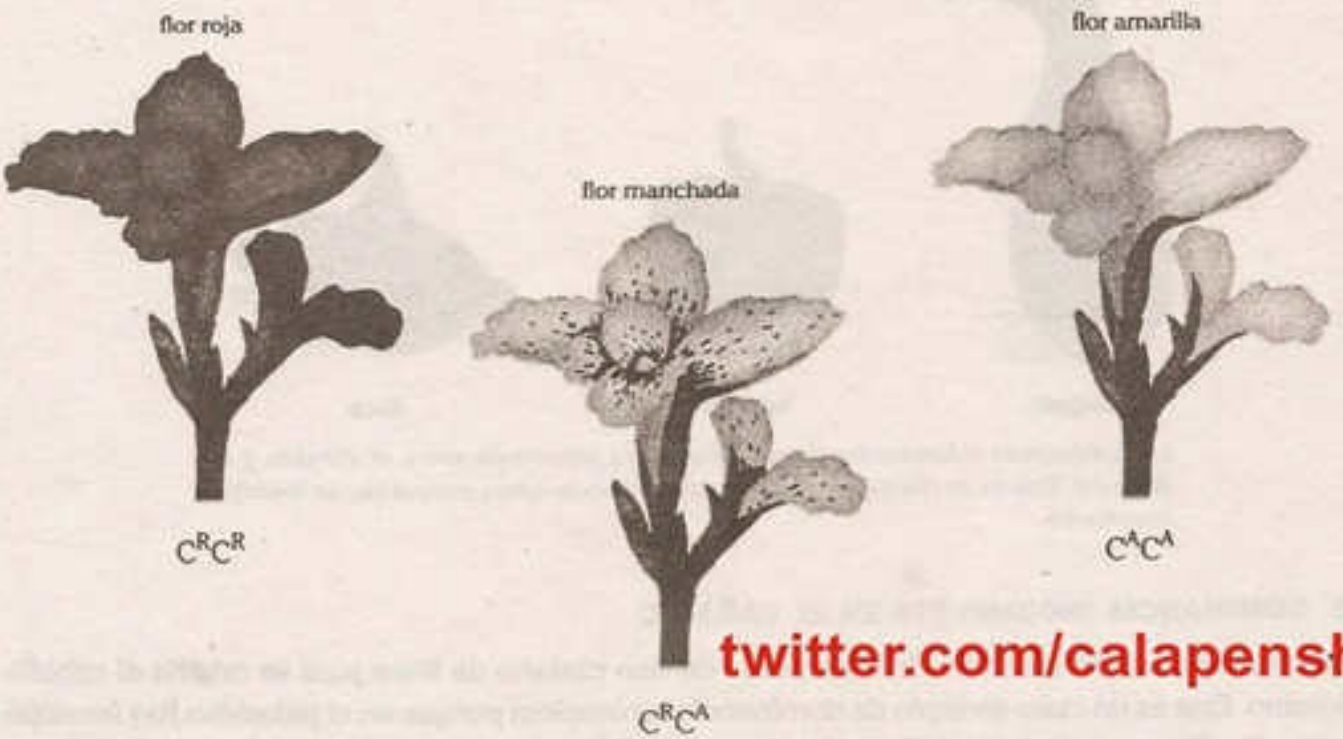
» Nota

A nivel del organismo, el caballo palomino es considerado un caso de dominancia incompleta; sin embargo, cuando se observa el pelaje con detenimiento se encuentran pelos cremello y castaño.

6▸ Codominancia

Relacionada cercanamente con la dominancia incompleta, en la cual ambos alelos se expresan, de manera simultánea, en el heterocigoto. La codominancia es un modelo hereditario posmendeliano, donde en el estado heterocigoto no hay gen recesivo, sino que ambos se comportan como dominantes, tal como en la herencia intermedia, pero a diferencia de esta última, ambas características se manifiestan sin mezclarse.

En la achira (*Canna edulis*), del cruce de plantas de flores rojas C^RC^R con plantas de flores amarillas C^AC^A resultan plantas con flores amarillas y manchas rojas C^RC^A.



twitter.com/calapenshko

Las flores manchadas, en algunas plantas, son claros ejemplos de codominancia.

¿Cómo se explica el fenotipo de las plantas de flores manchadas? Los genes C^R y C^A se manifiestan y originan enzimas que participan en la elaboración de pigmentos rojos en una parte de la flor, y pigmentos amarillos en otras partes de la misma flor, de tal manera que los colores no se mezclan, sino que se expresan por separado.

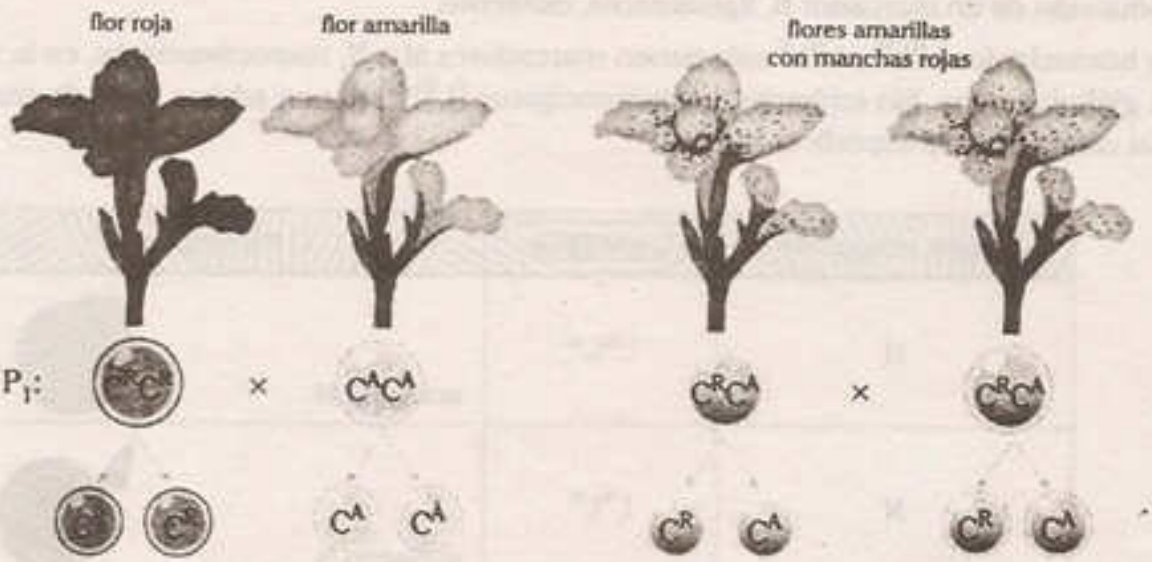
En la especie humana, la herencia de los grupos sanguíneos MN es un caso de alelos codominantes. En los animales, el color de pelaje rojo del ganado vacuno y equino se debe al genotipo C^CC^C, el blanco al genotipo C^BC^B y el ruano al genotipo C^CC^B. Si se analiza detenidamente se identificarán pelos rojos y blancos. Igualmente ocurre con el color de las gallinas andaluzas: C^NC^N da el color negro, C^BC^B da el color blanco y C^NC^B da el color azul.

▸▸ Nota

Con respecto a la dominancia incompleta, aún podemos usar las reglas de Mendel para predecir la herencia de los alelos codominantes. Por ejemplo, si dos gallinas andaluzas con genotipos C^NC^B tienen crías, esperaríamos ver gallinas de color negro, blanco y azules, y la relación genotípica sería 1:2:1.

6.1. CODOMINANCIA EN LA ACHIRA

Cuando una planta de achira (*Canna edulis*) de flores rojas se cruza con otra de flores amarillas, en la descendencia (F_1) resultan plantas de flores amarillas moteadas de rojo. Esto se puede representar de la siguiente forma:



Distribuimos los gametos en el cuadro de Punnet

♂ \ ♀	C^A	C^A
C^R	C^RC^A moteada	C^RC^A moteada
C^R	C^RC^A moteada	C^RC^A moteada

Distribuimos los gametos en el cuadro de Punnet

♂ \ ♀	C^R	C^A
C^R	C^RC^R roja	C^RC^A moteada
C^A	C^RC^A moteada	C^AC^A amarilla

F_1: C^RC^A, C^RC^A, C^RC^A, C^RC^A

100 % flores amarillas con manchas rojas (moteadas)

F_2: C^AC^A, C^RC^A, C^RC^A, C^RC^R

1 flor amarilla | 2 flores amarillas con manchas rojas | 1 flor roja

Si se cruzan individuos de la F_1 y obtenemos la segunda generación (F_2), se observará que las proporciones fenotípicas difieren de las mendelianas.

6.2. CODOMINANCIA EN EL GRUPO SANGUÍNEO MN

Se puede ver un caso de codominancia en los grupos sanguíneos MN de los humanos (menos famosos que los grupos sanguíneos ABO, pero igual de importantes). El tipo de sangre MN de una persona se determina por los alelos de un cierto gen. Un alelo L^M especifica la producción de un marcador M exhibido en la superficie de los glóbulos rojos, mientras que un alelo L^N especifica la producción de un marcador N, ligeramente, diferente.

Los homocigotos L^ML^M y L^NL^N solo tienen marcadores M o N, respectivamente, en la superficie de sus glóbulos rojos. Sin embargo, los heterocigotos (L^ML^N) tienen ambos tipos de marcadores de igual cantidad en la superficie celular.

Grupo sanguíneo	Genotipo	Fenotipo
M	L^ML^M	antígeno M
N	L^NL^N	antígeno N
MN	L^ML^N	antígeno N antígeno M

Con respecto a la codominancia, se pueden usar las reglas de Mendel para predecir la herència de los alelos codominantes. Por ejemplo, si dos personas con genotipos L^ML^N tienen hijos, se esperaría ver tipos sanguíneos M, MN y N, y genotipos L^ML^M y L^NL^N en una relación 1:2:1.

Nota

En la anemia falciforme se distinguen tres genotipos diferentes:

- Hb^AHb^A: Normal, los glóbulos rojos no se deforman nunca.
- Hb^SHb^S: Anemia grave a menudo mortal, y los glóbulos rojos se deforman en forma de hoz.
- Hb^AHb^S: No se produce anemia, los glóbulos rojos se deforman solo a concentraciones de oxígeno, anormalmente bajas.

Respecto de la anemia, el genotipo Hb^AHb^S es normal por el alelo dominante Hb^A.

Sobre la forma de los glóbulos rojos, el genotipo Hb^AHb^S produce dominancia incompleta, ya que se observarán glóbulos rojos, ligeramente deformes.

La hemoglobina Hb^AHb^S produce codominancia, ya que se sintetizan dos formas, ligeramente distintas de hemoglobina.

La anemia falciforme ilustra la manera algo arbitraria de los términos dominancia y codominancia. El tipo de dominancia depende del nivel fenotípico al que se realice la observación: nivel de organismo, nivel celular o nivel molecular.

7▸ Alelos pleiotrópicos

Se denomina pleiotropía al fenómeno por el cual un par de alelos produce efectos sobre varios caracteres no relacionados.

Etimológicamente, pleiotropía significa 'más cambios' o 'muchos efectos', es decir, más efectos de lo esperado por la expresión de un único gen. También se le conoce como polifenia (muchos fenotipos), pero es un término poco empleado.

El término pleiotropía fue usado por primera vez por un genetista alemán, Ludwig Plate, en 1910. Plate empleó el término para explicar la aparición de varios rasgos fenotípicos distintos que ocurren siempre juntos y pueden parecer correlacionados. Según él, este fenómeno, cuando ocurre, se debe a una unidad de herencia pleiotrópica.

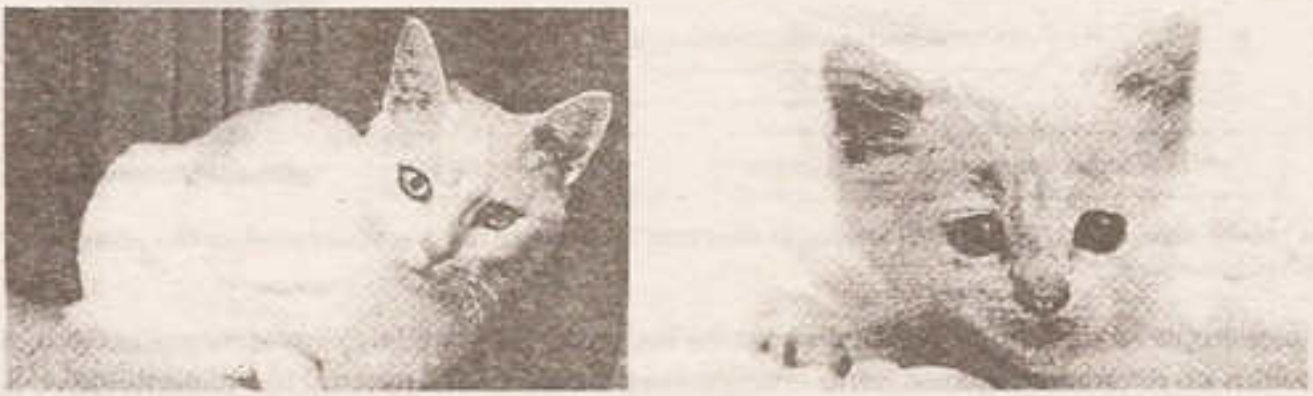
Uno de los fenómenos de la herencia que confundió más a los genetistas fue el de las mutaciones que afectaban a más de un carácter. En un principio se creía que cada carácter era controlado por un único gen. Luego se dieron cuenta de que la manifestación de un carácter podía requerir de la participación de más de un gen. Lo más sorprendente, sin embargo, es que un único gen puede afectar la manifestación de más de un rasgo heredable, que es en esencia lo que define a la pleiotropía.

7.1. El gen vestigial en la *Drosophila*

En la *Drosophila*, el gen vestigial determina el nivel de desarrollo de las alas. Cuando este gen es heredado de ambos progenitores, la mosca descendiente presentará alas vestigiales y no podrá volar. Sin embargo, estos no serán los únicos efectos del gen vestigial. Este gen es pleiotrópico y su presencia también conduce a una reducción en el número de óvulos de la mosca. También modifica el número y la disposición de las cerdas en el tórax y reduce su tiempo de vida.

7.2. Pigmentación en el pelaje de los gatos

Un ejemplo interesante es el color blanco del pelo en los gatos, el gen que codifica la información de la pigmentación en gatos es un gen pleiotrópico. Debido a ello, existe un porcentaje bastante elevado de los gatos blancos de ojos azules y sordos. Incluso, hay gatos blancos que presentan un ojo azul y otro amarillo, y son sordos solo del oído que está al mismo lado que el ojo azul.



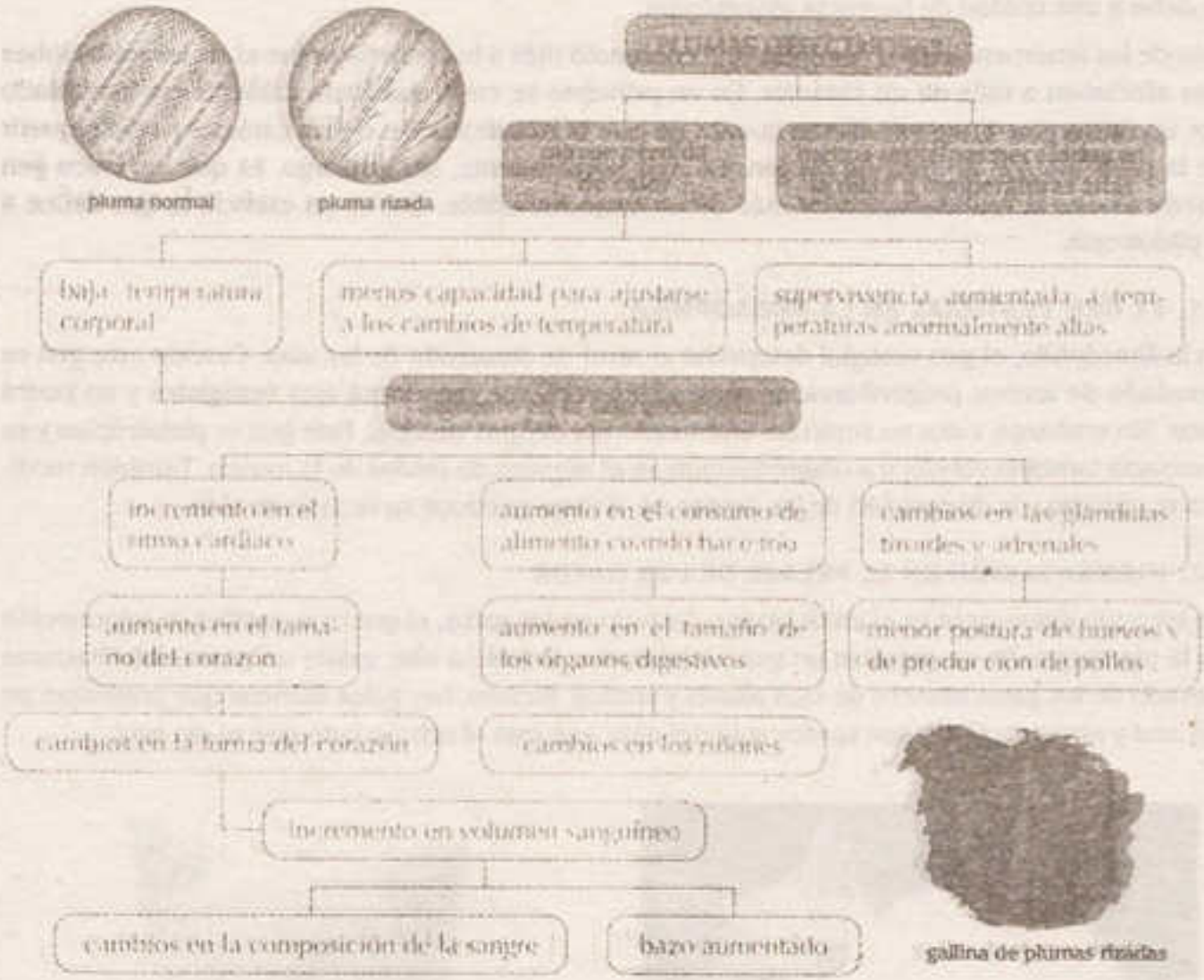
Pleiotropía en los gatos. Observamos un gato blanco con heterocromía (ojos amarillo y azul) y otro de ojos azules; el color azul de los ojos implica sordera.

7.3. PIGMENTACION EN EL PELAJE DE LOS RATONES

Los genes para el color del pelo en los ratones son pleiotrópicos, afectan el color de los ojos y la sensibilidad frente a la luz. Los ratones albinos presentan los ojos rosados hipersensibles, mientras que los de los ratones coloreados son coloreados normales.

7.4. GALLINAS DE PLUMAS RIZADAS

Un gen dominante produce el efecto de plumas encrespadas. Este gen demostró que es de efecto pleiotrópico pues manifiesta otros efectos fenotípicos: aumento de las tasas metabólicas, incremento de la temperatura corporal y mayor consumo de alimento. Adicionalmente, las gallinas con este gen presentan retardo en la madurez sexual y disminución de la fecundidad.



Las plumas rizadas en la gallina es un ejemplo de pleiotropía, la capacidad de un gen para producir una variedad de efectos fenotípicos.

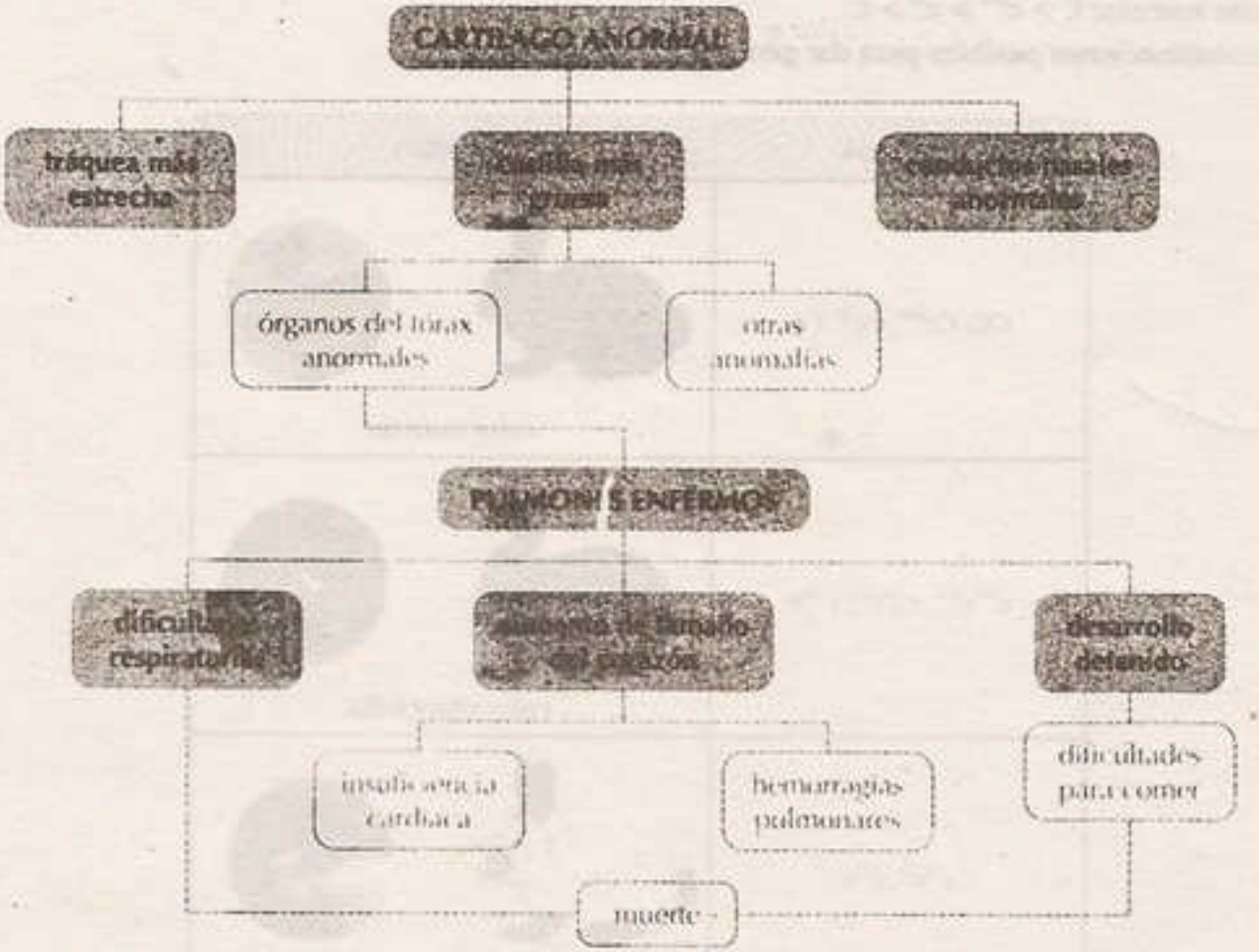
La pleiotropía se explica por la intervención de los genes en los tejidos con el mismo origen, distribuidos en diferentes órganos como el tejido conjuntivo, de allí que muchas enfermedades hereditarias tengan múltiples manifestaciones. El desarrollo anormal de los dedos en el hombre, denominado síndrome de Marfan o aracnodactilia (dedos de araña), caracterizado por dedos excesivamente largos, se acompaña de cardiopatías, trastornos esqueléticos y del cristalino.

8▸ ALELOS LETALES

Genes cuya presencia en el genotipo bloquea o dificulta el desarrollo normal del organismo, produciéndole la muerte antes de alcanzar la madurez sexual. Existen genes letales dominantes, codominantes y recesivos; autosómicos y ligados al sexo. Se manifiestan en los gametos, en el embrión y luego del nacimiento.

Los genes letales gaméticos impiden la fecundidad y están vinculados en ciertos casos a la infertilidad. Los genes letales embrionarios causan abortos espontáneos.

En los gatos manx, el gen manx (M) es el que, en los animales heterocigotos (Mn), produce el fenotipo de la ausencia de cola; en homocigosis dominante (MM) es letal y en homocigosis recesiva (mm) produce gatos normales con cola.



El diagrama muestra como un gen letal determina una serie de trastornos anatómicos y luego fisiológicos que conducen a la muerte.

Igualmente en los zorros norteamericanos, el color plateado se debe a genes recesivos, los heterocigotos son plateados y los homocigotos dominantes no se desarrollan porque esta condición es letal.

En las gallinas, los genes de la micromelia o síndrome de las patas cortas son letales en su estado homocigótico dominante.

9▸ ALELOS MULTIPLES

En algunas especies existen más de dos variantes de alelos que controlan el mismo carácter. Cada individuo solo presenta dos de las variantes de las muchas que puede tener la especie.

El alelismo múltiple tiene su origen en las variaciones ocurridas durante la evolución, por ejemplo, en el conejo doméstico, *Oryctalagus cuniculus*, existen cuatro genes alelos que controlan el color del pelo.

C: color marrón.

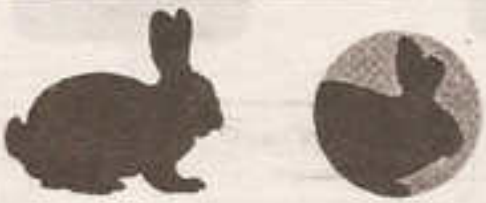
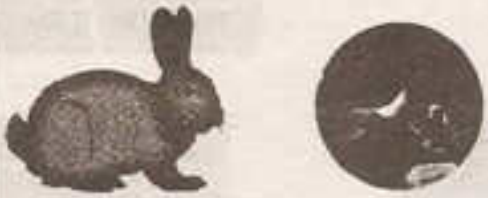
c^{ch}: color chinchilla, es decir gris plateado o pálido.

c^{h}: color himalaya; esto es nariz, orejas y patas manchadas, y cuerpo blanco.

c: albino o blanco.

Entonces se tiene cuatro alelos y en orden a su fuerza expresiva los podemos comparar de la siguiente manera: $C > c^{ch} > c^{h} > c$.

Las combinaciones posibles para dar genotipos son las siguientes:

Genotipo	Fenotipo
CC, Cc^{ch}, Cc^{h}, Cc	 color marrón
$c^{ch}c^{ch}, c^{ch}c^{h}, c^{ch}c$	 color chinchilla
$c^{h}c^{h}, c^{h}c$	color himalayá
cc	albino

10▸HERENCIA POLIGÉNICA

Ocurre cuando un carácter es controlado por dos o más pares de genes de diferentes locus, es decir, que se heredan independientemente, pero que pueden interactuar mediante los productos genéticos, modificando las proporciones esperadas, según la genética clásica. También se denomina herencia multifactorial. La interacción de los diferentes alelos de cada par da lugar a una serie de manifestaciones que se desarrollan a continuación.

10.1. ACCIÓN GENÉTICA ACUMULATIVA

Se denomina así a la herencia en la que los caracteres dependen de dos o más pares de alelos, cuyo efecto sobre el fenotipo se debe al número de alelos dominantes y recesivos presentes en el individuo.

Por ejemplo, el color de los granos de trigo está controlado por dos genes cuyos cuatro alelos exhiben efectos cuantitativos acumulativos.

Los genes son el gen 1, con sus dos alelos R_1 y r_1, y el gen 2, con sus dos alelos R_2 y r_2.

La diversidad de tono e intensidad de los granos de trigo va del rojo oscuro hasta el blanco, y depende del número de alelos dominantes presentes.

Número de dominantes	Genotipo	Fenotipo
4 dominantes	$R_1R_1R_2R_2$	rojo oscuro
3 dominantes	$R_1R_1R_2r_2$ $R_1r_1R_2F_2$	rojo mediano-oscuro
2 dominantes	$R_1r_1R_2r_2$ $R_1R_1r_2r_2$ $r_1r_1R_2R_2$	rojo mediano
1 dominante	$R_1r_1r_2r_2$ $r_1r_1R_2r_2$	rojo claro
ningún dominante	$r_1r_1r_2r_2$	blanco

Otros ejemplos representativos son la producción de leche en mamíferos, oviparidad en gallinas, fecundidad en animales, el color de la piel y la estatura humana.

10.2. ACCION GENETICA NO ACUMULATIVA

Genes de accion convergente

Dos o más pares de genes ejercen su acción, pero el resultado no es acumulativo, sino se manifiestan nuevos fenotipos. Pueden interactuar de tal manera que ninguno de los alelos dominantes produzca su efecto por sí solo, a menos que el otro esté presente, es decir, actúan conjuntamente, pero ninguno depende del otro.

Comprobamos así que se trata de dos pares de alelos que afectan la misma estructura.

Por ejemplo, las gallinas, de acuerdo con el tipo de cresta, han sido clasificadas en cuatro razas: coliflor, wyandotte, brahma y leghorn.

Raza	Tipo de cresta	Caracteres
coliflor	con cresta castaña, nogal, nuez o aframbuesada	
wyandotte	con cresta rosetón	
brahma	con cresta moñuda, arveja o guisante	
leghorn	con cresta simple	

En la herencia de la cresta de algunas razas de gallinas se han identificado dos pares de alelos:

Alelo R: produce cresta en roseta

Alelo r: produce cresta simple

Alelo P: produce cresta en arveja

Alelo p: produce cresta simple

Genotipo		Tipo de cresta	Fenotipo
PPRR PPRr PpRR PpRr	P_R_	cresta de tipo coliflor, castaña, nogal, nuez o afrombuesada	raza coliflor
ppRR ppRr	ppR_	cresta rosetóa	raza wyandotte
PPrr Pprr	P_rr	cresta moñuda (arveja), simple	raza brahma
pprr	pprr	cresta simple	raza leghorn

Otro caso de interacción génica se halla en el cerdo duroc-jersey, en el cual son necesarios dos pares de alelos para que se presente el color rojo; cada uno de los dos por separado da lugar a una coloración parcial arenosa y la ausencia de ambos produce animales incoloros.

10.3. EPISTASIS

Es el tipo de interacción genética en la que un gen interfiere sobre el producto de otro gen o modifica su efecto. Al gen que interfiere sobre el producto de otro gen se le denomina epistático, mientras que al gen cuyo producto genético ha sido modificado se le conoce como hipostático. El efecto epistático que es no alélico y por lo tanto, opuesto a la relación de dominancia, puede ser debido a la presencia de factores recesivos homocigóticos en un par de genes o de un alelo dominante que se contrapone a la expresión de otro gen dominante. Por ejemplo, en la arverjilla de olor, *Lathyrus odoratus*, cuando presenta los alelos C y P, originan que las flores sean púrpuras. Sin embargo, si se presentan los alelos cc y/o pp las flores serán blancas, porque los alelos cc y/o pp son epistáticos, ocultan el efecto de los genes C o P que son hipostáticos.

Tipos de epistasis

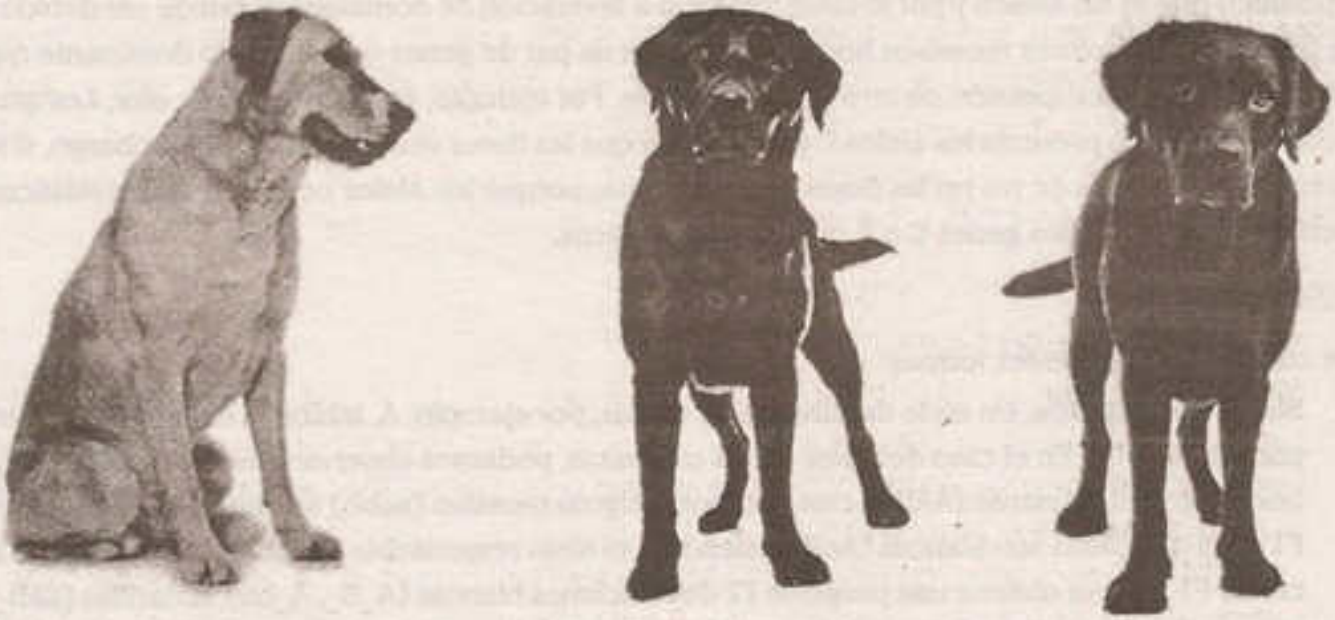
Se conocen las siguientes formas:

- **Simple dominante.** Un alelo dominante de un par, por ejemplo, A, inhibe la expresión del otro par BB, Bb o bb. En el caso del color de las calabazas, podemos observar que en el cruce de un homocigoto dominante (AABB) con otro homocigoto recesivo (aabb) se obtiene una progenie F1 en la que todas son blancas (AaBb), siendo A el alelo responsable del color blanco. Luego al cruzar F1 × F1 se obtiene una progenie F2 de relaciones blancas (A_B_, A_bb), amarillas (aaB_) y verde (aabb), siendo responsable el alelo B del color amarillo y b del color verde; de forma que se obtiene una relación 12/16, 3/16 y 1/16 con respecto a la expresión fenotípica.

EPISTASIS SIMPLE DOMINANTE (12:3:1)

F1	AaBb	×	AaBb
	blanca		blanca
F2	9 A_B_		12 blanca
	3 A_bb		
	3 aaB_		3 amarilla
	1 aabb		1 verde

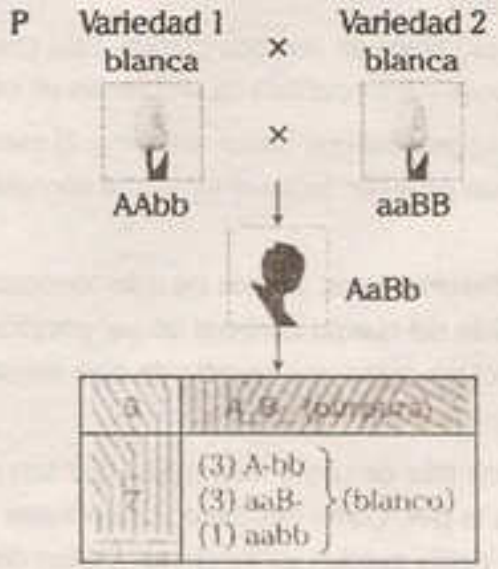
- **Simple recesiva.** Los alelos recesivos de un par, por ejemplo, aa, inhiben al otro par BB, Bb o bb. Así tenemos el color del pelo de los perros labradores que implica un gen para activar o no el pigmento y un gen para definir el color del pelaje. Los dos alelos para el gen del pigmento son B para pelo negro y su contraparte recesiva, b, para pelo chocolate. El gen para determinar el color del pelaje tiene dos alelos, E para la expresión de pelaje negro y chocolate, y e que es epistático y bloquea la expresión del gen B/b. El alelo epistático (gen que expresa el fenotipo) es recesivo y por lo tanto, se expresa como pelaje dorado solo en la condición homocigoto (ee), sin importar la combinación de los alelos B y b en el genotipo.



Dos pares de genes interactúan para controlar el color del pelo en perros labradores. Los perros negros tienen el genotipo B_E_, los labradores amarillos o dorados tienen el genotipo B_ee o bbee, y los perros color chocolate tienen el genotipo bbE_. Los espacios en blanco representan alelos dominantes o recesivos.

- **Doble dominante.** Cuando ambos alelos dominantes A_ y B_ tienen el mismo efecto fenotípico. La presencia de al menos un alelo dominante A o B enmascara la expresión de otro gen, aun si en el genotipo solo se presenta cualquiera de la condiciones de alelo dominante o recesivo. Por ejemplo, tenemos en los precursores de la clorofila, en el que tanto A como B expresan el pigmento verde (clorofila), así tenemos en la progenie F2 plantas con clorofila (A_B_, A_bb y aaB_) y plantas sin clorofila letal (aabb) en proporciones 15/16 y 1/16, en relación a la expresión fenotípica de la planta.
- **Doble recesiva.** Los alelos recesivos aa y/o bb ejercen el efecto inhibidor sobre A_ y B_. Podemos observar que en el cruce de dos flores, en el que una es un homocigoto dominante púrpura (AABB) y la otra es un homocigoto recesivo blanco (aabb) se logra una progenie F1, en la que todas son púrpuras (AaBb), y al realizar el cruce F1 × F1 se logra una progenie F2 de fenotipos púrpuras (A_B_) y todos los demás blancos (A_bb, aaB_, aabb), teniendo una proporción 9/16 y 7/16 de la expresión fenotípica.

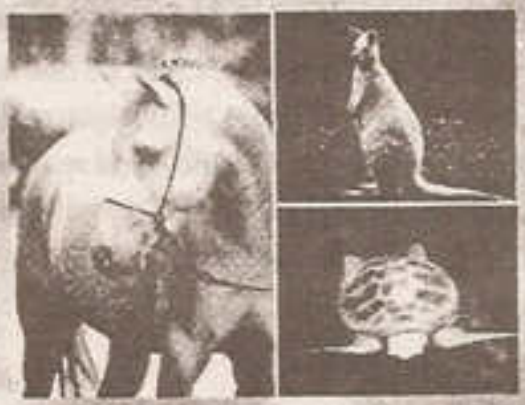
EPISTASIS DOBLE RECESIVA (9:7)



	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb
Ab	AABb	AAbb	AaBb	Aabb
aB	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb
ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb

- **Doble dominante recesiva.** El alelo dominante de un par, por ejemplo, A_ y el recesivo del otro par, bb, ejercen el mismo efecto fenotípico. Sobre esto podemos mencionar al carácter que controla la producción de granos de maíz púrpuras o amarillos. Se obtiene una proporción fenotípica 13:3 a partir del cruce de dihíbridos. Dos loci independientes controlan el color del maíz, el alelo dominante A produce pigmento púrpura, y el alelo a produce el pigmento amarillo. El alelo B del locus Bb es un inhibidor de la pigmentación, pero el b no lo inhibe. Por lo tanto, se producirán 13 amarillas y 3 púrpuras.

El albinismo en animales, ¿es acaso una falla genética?



Cada animal es especial y único a su manera. Sin embargo, los animales albinos seguro que llaman la atención por su color. El término albino quizás lo escuchaste en referencia a los seres humanos que carecen de pigmento en sus ojos, piel y cabello. Pero, ¿sabías que los animales también pueden tener esta condición genética?

El albinismo es una condición hereditaria, presente en el nacimiento, que se caracteriza por la falta de pigmento que es lo que le da color a la piel, pelo y ojos. Existen muchos tipos de albinismo que implican la falta de pigmento en diversos grados. Esta condición, que se encuentra en todas las razas de animales, puede ir acompañada de problemas en los ojos.

Los perros y las personas tienen en común la mutación genética que causa albinismo. El mismo gen mutado, por ejemplo, en las razas de perro doberman pinscher, también se asocia con una forma de albinismo en los seres humanos.

El albinismo es un trastorno poco común y existen diferentes tipos. Uno de los más conocidos es el oculocutáneo y sus causas son genéticas. Cada célula del cuerpo contiene un par coincidente de genes heredado de cada progenitor. Estos genes actúan como una especie de plan maestro que guía el desarrollo de un feto.

Se trata de un problema hereditario causado por una falla de uno o más genes que son responsables de darle pigmento (melanina) a los ojos y a la piel. Como resultado, los animales albinos carecen de poco o ningún pigmento, y la piel, ojos y pelaje pueden ser incoloros. Existen diferentes tipos de albinismo que involucran un número de genes diferentes.

También es posible heredar un gen normal y uno con albinismo. En este caso, el gen normal proporciona suficiente información en su modelo celular para generar un poco de pigmento. Muchos animales con albinismo pueden experimentar variedad de problemas en la vista. De hecho, pueden tener un iris que varía de color gris claro o de azul a marrón.

Los animales con albinismo pueden tener algunas dificultades en los ojos: ser cortos de vista, tener astigmatismo o presentar problemas en la coordinación, fijación y seguimiento de objetos (estrabismo) que pueden causar algunos inconvenientes en la percepción de profundidad, sobre todo a corta distancia. Además suelen ser muy sensibles a la luz (fotofobia).

Adaptado de TAPIA, Antonia. "El albinismo, una falta genética". En <https://misanimales.com/>.

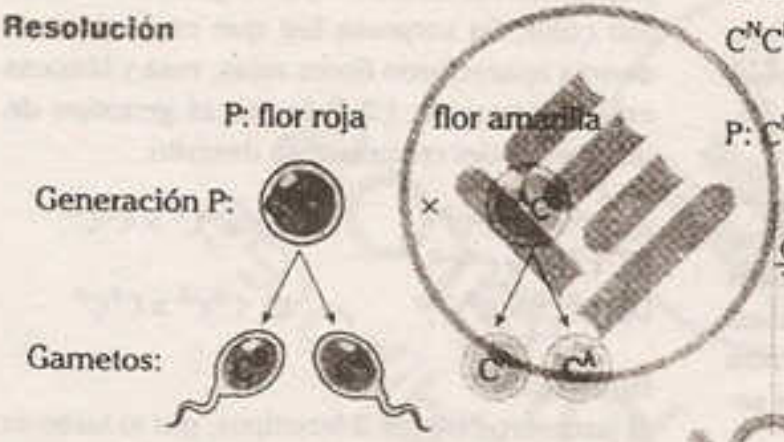
Preguntas resueltas

Pregunta 1

En una especie de plantas, las flores pueden ser de color amarillo, rojo o anaranjado. Se sabe que este carácter está determinado por dos genes alelos, rojo (C^R) y amarillo (C^A), con herencia intermedia. ¿Cuántos descendientes del cruce entre plantas de flores anaranjadas serán rojas?

A) 1/2 B) 1/4. C) 2/3
D) 3/4 E) 1/3

Resolución



Distribuimos los gametos (G) en el cuadro de Punnet.

♂ \ ♀	C^R	C^A
C^R	C^RC^R roja	C^RC^A anaranjada
C^A	C^RC^A anaranjada	C^AC^A amarilla

F1: C^RC^R = roja y representa 1/4.

Clave B

Pregunta 2

En una determinada raza de gallinas, el alelo C^N indica color negro, el C^B, color blanco, ambos codominantes, y cuando aparecen ambos alelos en un individuo, C^NC^B, el plumaje de la gallina es de color blanco moteado. ¿Cómo son los descendientes del cruce entre una gallina blanca moteada y la otra negra?

A) 1/2 y 1/4 B) 1/4 y 3/4 C) 2/3 y 2/4
D) 3/4 y 2/4 E) 2/4 y 2/4

Resolución

Según el texto:

C^NC^N = negro

C^BC^B = blanco

C^NC^B = blanco moteado

P: $C^NC^B \times C^NC^N$

♂ \ ♀	C^N	C^B
C^N	C^NC^N negra	C^NC^B blanca moteada
C^N	C^NC^N negra	C^NC^B blanca moteada

F1: C^NC^N = negro y representa 2/4.

C^NC^B = blanca moteada y representa 2/4.

Clave E

Pregunta 3

El genotipo RR determina en las gallinas la presencia de plumas rizadas, mientras que LL produce plumas lisas y RL da lugar a un fenotipo ondeado. ¿Qué proporción de plumas ondeadas se obtendrá del cruzamiento entre un gallo y una gallina con plumas ondeadas?

A) 1/3 B) 2/4 C) 1/4
D) 2/3 E) 3/4

Lumbreras Editores

Resolución

Según el texto

C^RC^R = plumas rizadas

C^LC^L = plumas lisas

C^RC^L = plumas ondeadas

P: $C^RC^L \times C^RC^L$

♂ \ ♀	C^R	C^L
C^R	C^RC^R rizadas	C^RC^L ondeadas
C^L	C^RC^L ondeadas	C^LC^L lisas

F1: C^RC^R = rizadas y representa 1/4.

C^RC^L = ondeadas y representa 2/4.

C^LC^L = lisas y representa 1/4.

Clave B

Pregunta 4

Al realizar un cruzamiento entre una mariposa de alas grises con otra de alas negras se obtuvo una descendencia formada por 93 mariposas de alas negras y 93 mariposas de alas grises. Si la mariposa de alas grises se cruza con otra que presenta alas blancas, ¿qué porcentaje serán blancas?

A) 25% B) 35% C) 75%
D) 50% E) 100%

Resolución

La mariposa gris (C^BC^N) se cruzó con la negra (C^NC^N).

Cruce: $C^NC^N \times C^BC^N$

♂ \ ♀	C^N	C^N
C^B	C^NC^B gris	C^NC^B gris
C^N	C^NC^N negra	C^NC^N negra

F1: $C^BC^N \times C^NC^N$ 93 grises y 93 negras.

La mariposa de alas grises (C^BC^N) se cruzó con otra que presenta alas blancas (C^BC^B).

♂ \ ♀	C^B	C^N
C^B	C^BC^B blanca	C^BC^N gris
C^B	C^BC^B blanca	C^BC^N gris

F1: C^BC^B, blanca y representa 50%.

C^BC^N, gris y representa 50%.

Clave D

Pregunta 5

Un jardinero que disponía de plantas dondiego de noche de flores rosas, cruzó dos de sus plantas con la idea de obtener plantas del mismo color. Su sorpresa fue que en la descendencia aparecieron flores rojas, rosa y blancas en la proporción 1:2:1. Indica el genotipo de las plantas del cruzamiento descrito.

A) $C^BC^B \times C^BC^B$ B) $C^BC^B \times C^BC^R$
C) $C^RC^R \times C^BC^B$
D) $C^RC^B \times C^RC^B$ E) $C^BC^R \times C^RC^R$

Resolución

El jardinero obtiene 3 fenotipos, por lo tanto es un problema de herencia intermedia.

C^BC^B = flor blanca

C^RC^B = flor rosada

C^RC^R = flor roja

P: $C^RC^B \times C^RC^B$

♂ \ ♀	C^R	C^B
C^R	C^RC^R roja	C^RC^B rosada
C^B	C^RC^B rosada	C^BC^B blanca

F1: C^RC^R = flor roja, representa 1/4.

C^RC^B = flor rosada, representa 2/4.

C^BC^B = flor blanca, representa 1/4.

Proporción: 1:2:1

Clave D

Pregunta 6

En los gatos manx (sin cola), la presencia del alelo M^L resulta letal en la condición homocigota (M^LM^L). Este alelo interfiere con el desarrollo de la columna, lo que ocasiona la ausencia de cola en individuos heterocigotos, y si los individuos son homocigotos recesivos (M^lM^l) su condición es normal, es decir, tienen cola. Si se cruzan dos gatos manx sin cola (heterocigotos), ¿qué porcentaje de crías no sobrevivirán?

A) 25% B) 30% C) 50%
D) 75% E) 100%

Resolución

Según los datos podemos determinar los siguientes genotipos:

M^LM^L: no sobrevive.

M^LM^l: sin cola (sobrevive).

M^lM^l: con cola (sobrevive).

Cruce de progenitores: $M^LM^l \times M^LM^l$

♂ \ ♀	M^L	M^l
M^L	M^LM^L no sobrevive	M^LM^l sin cola
M^l	M^LM^l sin cola	M^lM^l con cola

Entonces para la F1 tenemos lo siguiente:

M^LM^L: no sobrevive y representa 1/4.

M^LM^l: sin cola (sobrevive) y representa 2/4.

M^lM^l: con cola (sobrevive) y representa 1/4.

Podemos observar que las crías que no sobreviven representan 1/4 del total, es decir, 25%.

Clave A

Pregunta 7

En una especie de lagartijas, la pigmentación de su piel pueden ser de color amarillo, azul o verde. Se sabe que este carácter está determinado por dos genes alelos: azul (C^A) y amarillo (C^M) con herencia intermedia. ¿Cuántos descendientes del cruce entre lagartijas de pigmentación verdes serán amarillas?

A) 1/2 B) 1/4 C) 2/3
D) 3/4 E) 1/3

Resolución

El enunciado hace referencia a la herencia intermedia, por lo tanto, determinamos sus genotipos.

C^AC^A: pigmentación azul

C^AC^M: pigmentación verde

C^MC^M: pigmentación amarilla

Cruce de progenitores: $C^AC^M \times C^AC^M$

Distribuimos los alelos en el cuadro de Punnett.

	C^A	C^M
C^A	C^AA^A azul	C^AM^M verde
C^M	C^AC^M verde	L^MC^M amarillo

Entonces para la F1 tenemos lo siguiente:

C^AC^A: azul y representa 1/4.

C^AC^M: verde y representa 2/4.

C^MC^M: amarilla y representa 1/4.

Podemos observar que las lagartijas amarillas representan 1/4 del total.

Clave B

Lumbreras Editores

Preguntas propuestas

1. ¿En qué tipo de herencia el heterocigote expresa un fenotipo intermedio?

   A) dominancia completa
   B) dominancia incompleta
   C) codominancia
   D) recesividad
   E) epistasis

2. Determine qué se expresa en la codominancia.

   A) un fenotipo en el heterocigote
   B) dos fenotipos en el heterocigote
   C) un solo gen
   D) un gen dominante
   E) un gen recesivo

3. ¿Cómo se denominan los genes que causan la muerte en la etapa inmadura de un organismo?

   A) alelos múltiples
   B) epistáticos
   C) hipostáticos
   D) letales
   E) codominantes

4. En los ratones, el gen para el color de pelo controla también el color de ojos y la sensibilidad frente a la luz, por lo tanto este es

   A) poligénico.
   B) multifactorial.
   C) pleiotrópico.
   D) deletéreo.
   E) múltiple.

5. ¿Cómo se denomina la herencia en la que existen más de dos variantes de un gen, y aquella en la que varios genes controlan un mismo carácter, respectivamente?

   A) herencia poligénica - pleiotropía
   B) epistasis - alelos múltiples
   C) pleiotropía - epistasis
   D) alelos múltiples - poligénica
   E) pleiotropía - poligénica

6. Existe un término utilizado cuando un gen enmascara la expresión de otro, por ejemplo, si el gen A enmascara el efecto del B se dice que A es ..... respecto de B.

   A) epistático
   B) pleiotropico
   C) poligénico
   D) letal
   E) codominante

7. Una línea pura de calabacín que produce frutos en forma de disco se cruza con una línea pura que produce frutos alargados y se obtienen calabacines de frutos esféricos. Si se cruzan dos calabacines, una en forma de disco y la otra esférica, ¿qué porcentaje de calabacines serán alargados?

   A) 0% B) 25% C) 50%
   D) 75% E) 100%

8. En una planta existen variedades con flores blancas y variedades con flores violetas. La F1 de un cruzamiento entre plantas de las dos variedades fue de color violeta claro, y la F2 dio 1/4 violetas, 2/4 violetas-claro y 1/4 blancas. Indique a qué tipo de herencia corresponde.

   A) codominancia
   B) pleiotropia
   C) intermedia
   D) poligénica
   E) letal

Lumbreras Editores

9. En los ponis existen tres variedades para el pelaje: amarillo, crema y blanco. Al cruzar dos cobayos de color crema se obtienen descendientes de las tres variedades. ¿Qué proporción representarán los descendientes con pelaje crema?

A) 1/3 B) 2/4 C) 1/4
D) 2/3 E) 3/4

10. Al realizar un cruzamiento entre una mariposa de alas grises con otra de alas negras se obtuvo una descendencia formada por mariposas de alas negras y mariposas de alas grises. Si dos mariposas de alas grises se cruzan, ¿qué porcentaje de mariposas presentarán alas negras?

A) 25% B) 35% C) 75%
D) 50% E) 100%

11. En una determinada raza de picaflores, el alelo C^N indica color negro, el C^M, color blanco, ambos codominantes, y cuando aparecen ambos alelos en un individuo, C^NC^M, el plumaje del picaflor es de color negro moteado. ¿Cuántos descendientes del cruce entre un picaflor negro moteado y otro negro serán de plumaje negro?

A) 1/3 B) 2/4 C) 1/4
D) 2/3 E) 3/4

12. En una especie de plantas, los frutos pueden ser de color amarillo, rojo o anaranjado. Se sabe que este carácter está determinado por dos genes alelos, rojo (C^R) y amarillo (C^A) con herencia intermedia. ¿Cuántos descendientes del cruce entre plantas de frutos anaranjados serán rojos?

A) 1/3 B) 2/4 C) 1/4
D) 2/3 E) 3/4

13. En las berenjenas, la forma del fruto puede ser larga (C^LC^L), redonda (C^RC^R) u oval (C^LC^R). ¿Cuál será la probabilidad de frutos alargados que resulte del cruce de dos plantas de frutos ovales?

A) 1/3 B) 2/4 C) 1/4
D) 2/3 E) 3/4

14. En una herencia intermedia se cruzan sapos, uno de color azul con otro de color amarillo. ¿Cuál será la relación genotípica si se cruzan dos sapos verdes?

A) 3:1 B) 2:2 C) 1:2:1
D) 2:1 E) 1:1

15. En genética, la asociación física entre dos loci se puede definir como la tendencia de los alelos del loci, que están cercanos entre sí, a heredarse juntos como un bloque, a esto se le denomina

A) herencia intermedia.
B) ligamiento genético.
C) cruce de prueba.
D) poligenia.
E) epistasis.

16. Uno de los fenómenos de la herencia, que confundió más a los genetistas, fueron las mutaciones que afectaban a más de un carácter. En un principio se creía que cada carácter era controlado por un único gen. Luego se dieron cuenta de que la manifestación de un carácter podía intervenir en la expresión de más de un gen. A este tipo de herencia se le denomina

A) herencia intermedia.
B) ligamiento genético.
C) pleiotropía.
D) poligenia.
E) epistasis.

Lumbreras Editores

17. En algunas especies de picaflores, el alelo C^V indica el color verde esmeralda de su plumaje, y el C^A, color azulino. Ambos alelos son codominantes, y cuando aparecen ambos alelos en un individuo, C^VC^A, el plumaje del picaflor es verde con manchas azulinas. ¿Qué proporción tendrán los descendientes de color verde esmeralda del cruce entre un picaflor verde con manchas azulinas y otro de verde esmeralda?

A) 2/4 B) 1/4 C) 2/3
D) 3/4 E) 2/5

18. Si cruzamos dos perros de color blanco con manchas negras se obtiene, en varios cruces, una descendencia de 10 perros blancos, 9 perros negros y 22 perros blancos con manchas negras. Según la información anterior, halle los genotipos de los progenitores.

A) $C^BC^N \times C^BC^B$
B) $C^BC^B \times C^BC^N$
C) $C^NC^N \times C^BC^N$
D) $C^BC^N \times C^BC^N$
E) $C^NC^N \times C^BC^B$

19. El genotipo MM determina la presencia de pelo rizado en perros; mientras que el genotipo NN, pelo lacio, y el genotipo MN da lugar a un fenotipo ondeado. Del cruzamiento de dos perros: un macho de pelo ondeado y una hembra de pelo lacio, ¿qué proporción de perros de pelo ondeado se obtendrá?

A) 1/3 B) 2/4 C) 1/4
D) 2/3 E) 3/4

20. Al realizar un cruzamiento entre una oveja de lana corta y otra de lana larga se obtuvo, después de varios cruces, una descendencia de 25 ovejas de lana corta y 27 de lana intermedia. Si una oveja de lana intermedia se cruza con otra de lana corta, ¿qué porcentaje serán de lana larga?

A) 25% B) 35% C) 75%
D) 50% E) 0%

21. Las plantas de achira presentan una herencia codominante para el color de las flores. Si se cruzan dos plantas de flores rojas con manchas amarillas, ¿cuántas plantas presentarán flores rojas con manchas amarillas (moteadas) de un total de 120 descendientes?

A) 100 B) 20 C) 60
D) 80 E) 120

22. Un agricultor quiso incursionar en la venta de rosas, por ello cruzó dos plantas de rosas rosadas con la idea de obtener plantas del mismo color de rosas, pero se sorprendió al ver que en la descendencia aparecieron flores rojas, rosadas y blancas en la proporción 1:2:1. Del caso anterior se deduce que

A) las rosas que cruzó eran líneas puras.
B) no se dio cuenta que las rosas eran codominantes.
C) las flores rosadas mutaron.
D) las flores rosadas presentaban herencia intermedia.
E) las rosas que cruzó eran recesivas.

23. En los zapallos italianos, la forma del fruto puede ser larga (C^LC^L), redonda (C^RC^R) u oval (C^LC^R). De acuerdo al enunciado anterior, ¿cuál será la probabilidad de obtener frutos redondos del cruce de dos plantas de frutos ovales?

A) 1/3 B) 2/4 C) 1/4
D) 2/3 E) 3/4

twitter.com/calapenshko

CAPÍTULO XIII

GENÉTICA DEL SEXO Y HUMANA

Objetivos

- Comprender la genética del sexo en animales y relacionarlo con la genética humana.
- Diferenciar la herencia ligada al sexo de la herencia influida por el sexo.
- Identificar los mecanismos de la herencia humana y las principales enfermedades hereditarias.

Introducción

El hombre, ante la necesidad de conocer las causas de los caracteres humanos de las enfermedades que lo aquejan y de encontrar soluciones a las mismas, ha desarrollado el campo de la genética humana. Sin embargo, en el estudio de los caracteres de la especie humana no ha sido posible utilizar los mismos métodos que se utilizan en otros organismos, tales como disponer de grupos estándares de individuos genéticamente idénticos, realizar apareamientos y criar la descendencia en condiciones cuidadosamente controladas.

Se ha tenido que utilizar métodos alternativos, uno de estos ha sido el estudio de los árboles genealógicos, que permite evaluar cómo un carácter se trasmite de generación tras generación en el seno de una familia. Otro método empleado, el más adecuado, es el análisis de una característica fenotípica a nivel poblacional, utilizando para ello las leyes de la probabilidad, campo que corresponde a la genética de poblaciones. Esta postura no toma en consideración la evolución cultural que es exclusiva de la especie humana, ni la moral e inclusive niega la razón; es decir, niega al hombre que esta sea una propiedad cualitativa de nuestra especie.

Un nuevo enfoque considera que los rasgos no solo dependen de la heredabilidad, sino que también están influenciados por el ambiente, es decir, son consecuencia de la interacción entre genes y ambiente. Por ejemplo, la heredabilidad del cáncer es aproximadamente 34%, mientras que el factor ambiental, 66%. La conducta humana tiene factores ambientales, conformados por la naturaleza y la sociedad, y genéticos. No existen los asesinos por naturaleza, los nacidos para matar, ni los homosexuales por genes, si esto fuera cierto hablaríamos de humanos sin raciocinio y degradaríamos nuestra especie a los niveles más bajos de la escala animal.

Como podemos apreciar, el estudio de la genética del sexo puede ser útil para responder interrogantes acerca de la naturaleza humana y los tratamientos de las enfermedades que aqueja al hombre.

GENÉTICA DEL SEXO

1 DEFINICIÓN

Comprende el estudio de la herencia de los caracteres sexuales para la determinación del sexo y los caracteres relacionados con la diferenciación fenotípica del sexo como se produce en la herencia ligada al sexo y la herencia influenciada por el sexo.

2 DETERMINACIÓN DEL SEXO

2.1. SEXO DETERMINADO POR CROMOSOMAS SEXUALES

En los seres gonocóricos (organismos con gónadas), la reproducción va ligada con la existencia de dos tipos diferentes de órganos formadores de gametos o gónadas. Cada individuo posee un solo tipo de gónada que lo convierte en macho o hembra. El carácter del sexo está determinado por la presencia de gónadas masculinas o femeninas, pero, ¿qué es lo que determina que se desarrollen dichas gónadas? Se ha establecido que el conjunto de factores y mecanismos que deciden el carácter del sexo en un individuo recibe el nombre de determinación genética del sexo, mientras que la expresión fenotípica de dicha constitución genética se conoce como diferenciación sexual. Los genes que determinan el sexo se sitúan en cromosomas especiales y reciben, por ello, el nombre de cromosomas sexuales o gonosomas. Inicialmente fueron llamados cromosoma X y cromosoma Y, luego se han usado más letras, tales como la Z y la W para referirse a otros cromosomas sexuales.

La razón de utilizar la letra X y la Y, que sugieren incógnitas, está relacionada con su descubrimiento. En muchas especies, los cromosomas sexuales responden a características diferenciales de tinción y al no saber a qué correspondían tales cromosomas, se les designó con estas letras. Posteriormente se descubrió que guardaban relación con el sexo de sus portadores.

> **Nota**
> Se distinguen dos tipos de cromosomas: los AUTOSOMAS que contienen información para caracteres no sexuales, y los cromosomas SEXUALES o alosomas que contienen la información determinante del sexo.

2.1.1. Hembras homogaméticas

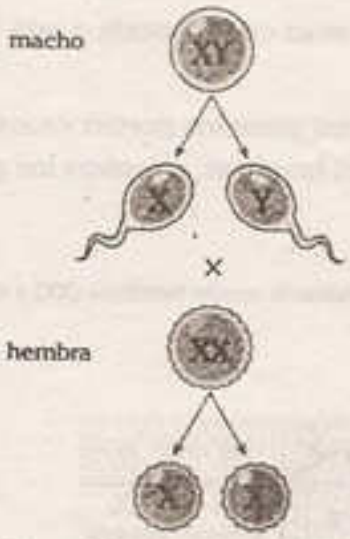
Se denomina así cuando la hembra forma gametos con cromosomas sexuales iguales. Por ejemplo, una hembra con cromosomas XX siempre formará óvulos X.

Sistema XX-XY

Es el sistema más común de determinación sexual, según este, el sexo femenino posee dos cromosomas sexuales iguales (XX) y el masculino, dos cromosomas sexuales diferentes (XY). Como consecuencia de ello, las hembras son homogaméticas, ya que todos los gametos que originan son portadores de un cromosoma X y los machos son heterogaméticos, ya que originan dos tipos de gametos, uno con un cromosoma sexual X y otro con un cromosoma sexual Y. Este sistema se presenta en los mamíferos, peces, insectos dípteros, anfibios anuros, moluscos y equinodermos.

El mecanismo de segregación es semejante a la herencia para un par de alelos, pero, en este caso se trabaja con los cromosomas sexuales.

El macho forma espermatozoides X e Y, la hembra forma óvulos X.



El 50 % de la descendencia resulta XX (hembras) y el otro 50 % XY (machos).

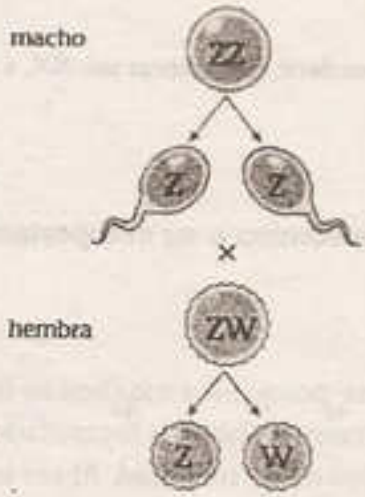
♂ \ ♀	X	X
X	XX hembra	XX hembra
Y	XY macho	XY macho

Al igual que el hombre, en las ranas, anfibios anuros, los machos son XY, mientras que las hembras son XX.

2.1.2. Machos homogaméticos

Los machos poseen dos cromosomas sexuales iguales y forman gametos con cromosomas también iguales. Ello se da en el sistema ZZ-ZW que se presenta en insectos lepidópteros, anfibios urodelos, reptiles y aves. El macho es ZZ y la hembra, ZW.

En las aves, el macho forma espermatozoides portadores de cromosoma Z, y la hembra, óvulos Z y W.



El 50 % de la descendencia resulta machos (ZZ) y el otro 50 % resulta hembras (ZW).

♂ \ ♀	Z	W
Z	ZZ macho	ZW hembra
Z	ZZ macho	ZW hembra

El pavo real macho se diferencia de la hembra por sus vivos colores y desarrollado plumajo, y forma espermatozoides Z, mientras que la hembra grisácea forma óvulos Z y W.

2.1.3. Sistema compuesto

Se debe a la existencia simultánea de varios cromosomas sexuales. Corresponde a casos de trisomías y polisomías para cromosomas sexuales.

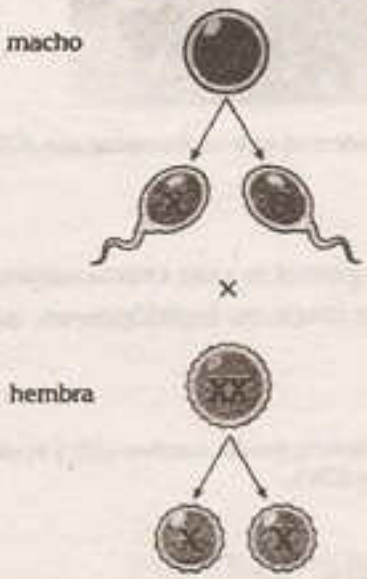
2.1.4. Sistema XX-XO

Los machos presentan solo uno de los cromosomas sexuales (XO). Es común en los insectos ortópteros (saltamontes), hemípteros (chinches) y la mayoría de odonatos (libélulas).

También se da en los nemátodos. Esta forma para determinar el sexo corresponde a una variante de monosomía para cromosomas sexuales.

El mecanismo de segregación funciona de tal manera que algunos gametos portan cromosomas sexuales, que al unirse con los gametos complementarios originan hembras, mientras los gametos sin cromosomas sexuales originan machos.

En los saltamontes, el macho forma espermatozoides X y O (sin cromosoma sexual), mientras que la hembra forma óvulos X.



El 50 % de la descendencia resulta hembras (XX) y el otro 50 %, machos (XO).

♂ \ ♀	X	X
X	XX hembra	XX hembra
O	XO macho	XO macho

En los saltamontes, las hembras poseen un cromosoma más que los machos, es decir, las hembras son XX, a diferencia de los machos que son XO.

2.2. SEXO DETERMINADO POR EL CARIOTIPO

La diferenciación sexual está determinada por el número cromosómico o su comportamiento funcional.

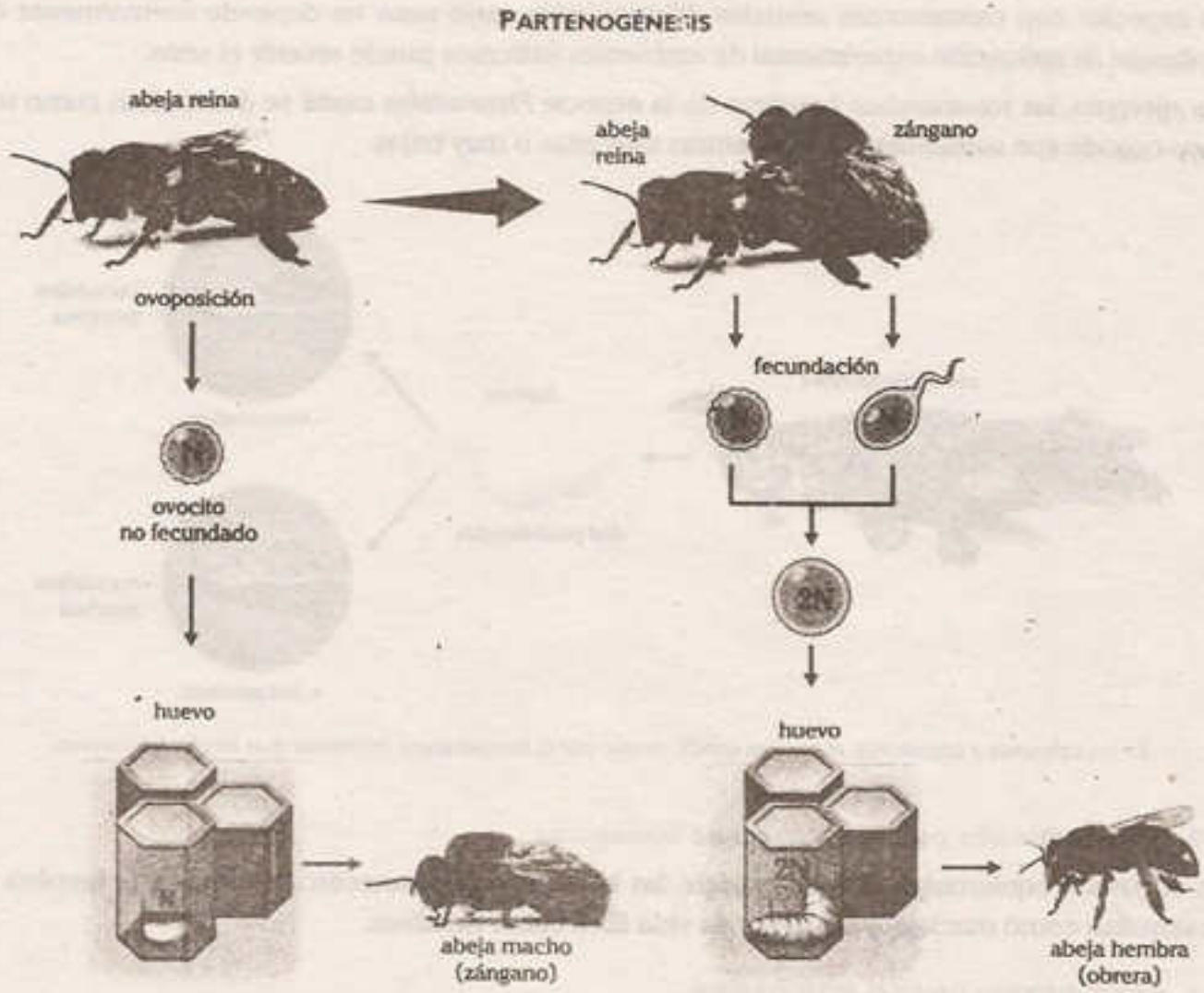
2.2.1. Haplodiploidia o arrenotoquia

Las hembras son diploides y los machos son haploides; esto ocurre porque los machos se forman a partir de huevos no fecundados, mientras que las hembras provienen de huevos fecundados. Las hembras vírgenes tienen una descendencia compuesta por machos en su totalidad. Al ser los machos haploides, el proceso de espermatogénesis consiste en una sola división meiótica ecuacional semejante a una mitosis.

Los organismos de este tipo como las abejas, avispas, hormigas y polillas se reproducen por partenogénesis. La determinación del sexo es por el cariotipo: el haploide (N) es macho y el diploide (2N) es hembra.

Las hembras diploides (2N) forman gametos haploides (N) por meiosis. Los machos forman gametos (N) por meiosis II.

Al unirse los gametos masculinos y femeninos originan descendencia diploide (2N), es decir, todas hembras; los gametos femeninos no fecundados (N) originan machos haploides (N).



Las abejas son insectos sociables que pueden reproducirse por partenogénesis, esto ocurre cuando la reina produce un ovocito sin ser fecundado y nace un zángano. Pero si es fecundada por el zángano nacerán obreras, soldados o nuevas reinas.

2.2.2. Parahaploidia

Los machos son diploides, pero los cromosomas masculinos degeneran, es decir, permanecen inactivos. Las hembras son igualmente diploides con el material genético masculino y femenino en condición semejante con el macho.

Este fenómeno se presenta en algunos arácnidos e insectos.

2.3. SEXO DETERMINADO POR FACTORES AMBIENTALES Y RELACIONES BIOLÓGICAS

Aunque su distribución es relativamente amplia, su estudio está muy limitado. Se conocen algunos casos.

2.3.1. Determinado por la temperatura

En algunas especies de lagartos, tortugas y cocodrilos, la temperatura de incubación de los huevos determina el sexo, independientemente de los cromosomas sexuales.

Los huevos de tortuga incubados a temperaturas altas originan hembras, mientras que la incubación a bajas temperaturas origina machos. En lagartos y cocodrilos ocurre inversamente.

En especies con cromosomas sexuales diferenciados, cuyo sexo no depende normalmente del ambiente, la aplicación experimental de ambientes extremos puede revertir el sexo.

Por ejemplo, las salamandras hembras de la especie *Pleurodeles waltii* se desarrollan como machos cuando son sometidas a temperaturas muy altas o muy bajas.

En los caimanes y cocodrilos, el sexo es condicionado por la temperatura ambiental que incuba los huevos.

2.3.2. Determinado por las relaciones biológicas

En el gusano equiuroideo, *Bonellia viridis*, las larvas que permanecen adheridas a la hembra se desarrollan como machos, y las larvas de vida libre como hembras.

2.4. SEXO DETERMINADO POR GENES

La determinación sexual es generada por un par de genes alelos. En las avispas *Bracon hebetor*, las hembras son diploides y heterocigotas (S^aS^b), mientras que los machos son homocigotes diploides (S^aS^a) o haploides (S^a). Los machos diploides son estériles y los machos haploides son fértiles.

2.5. DETERMINACIÓN SEXUAL EN PLANTAS

Sigue los patrones anteriormente descritos; pero a diferencia de los animales, los cromosomas sexuales no se inactivan como ocurre en los animales de cromosomas sexuales iguales (XX o ZZ), en los cuales uno de los cromosomas sexuales se inactiva.

3▸ HERENCIA LIGADA AL SEXO EN ANIMALES

Herencia de caracteres somáticos (no sexuales) presentes en los cromosomas sexuales. El cromosoma que contiene la mayoría de estos caracteres es el cromosoma X o Z.

Algunos de estos caracteres solo se manifiestan en uno de los sexos. Si solo se expresan en los machos se denominan holándricos, los exclusivos para hembras son hologínicos.

En las moscas de la fruta, el color de los ojos está determinado por genes localizados en el cromosoma X. El gen dominante R para ojos rojos y el recesivo r para ojos blancos.

Hembras posibles	X^RX^R X^RX^r	ojos rojos
	X^rX^r	ojos blancos
Machos posibles	X^RY	ojos rojos
	X^rY	ojos blancos

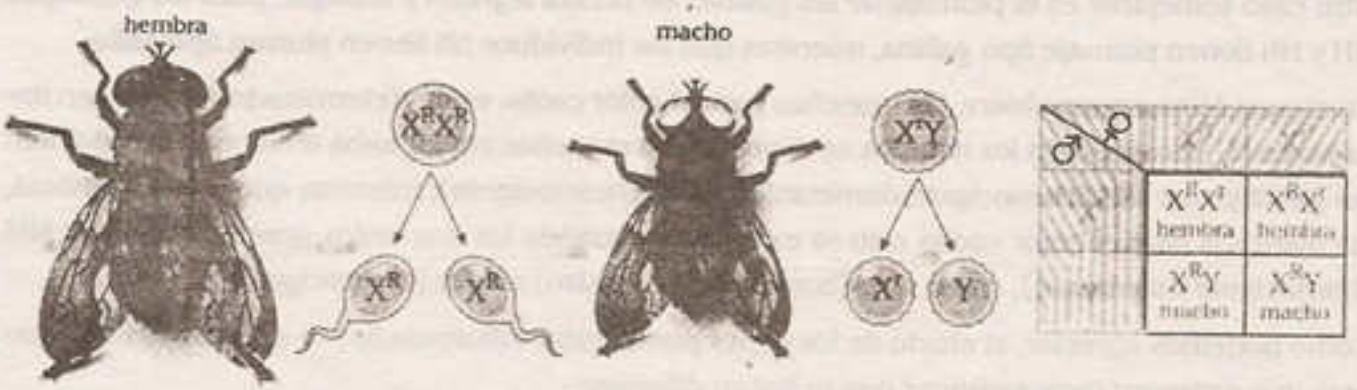
Observación. Siempre que se estudien problemas relacionados con la herencia ligada al sexo debemos enumerar las proporciones de machos y hembras en forma separada, a menos que se indique lo contrario en el problema.

Nota

En los machos se observa una condición hemicigota, solo presentan un gen que determina el color de los ojos. En cambio, las hembras son homocigotas o heterocigotas, ya que presentan dos genes.

Ejemplo

Si se cruzan una hembra homocigote de ojos rojos con un macho de ojos blancos, ¿cuál será la proporción de hembras heterocigotas?



La proporción de hembras heterocigotas es 100%; la razón se debe a que de acuerdo con una convención, los porcentajes de machos y hembras se consideran por separado, a menos que el problema plantee lo contrario.

En el problema, todas las hembras son X^RX^r, esto se lee como heterocigotas.

Nota

En los gatos, el color del pelaje amarillo y negro son dominantes ligados al sexo, específicamente al cromosoma X, por lo tanto

X^AX^A: hembra amarilla

X^AX^N: hembra variegada (manchada)

X^NX^N: hembra negra

X^NY: macho negro

X^AY: macho amarillo

4▸ Herencia influenciada por el sexo en animales

Es aquella que ocurre a través de genes localizados en los autosomas o en la región homóloga de los heterocromosomas, pero cuya expresión se ve modificada o influida por el sexo del individuo; el comportamiento diferente de estos genes se suele deber principalmente al efecto de las hormonas masculinas. Los machos y hembras con genotipos idénticos pueden tener fenotipos muy diferentes.

En las ovejas, por ejemplo, un solo par génico determina la presencia o ausencia de cuernos: el alelo H controla la presencia de cuernos y es dominante en los machos; el genotipo HH produce un animal astado, independientemente del sexo; el Hh produce el fenotipo con cuernos si el individuo es macho y sin cuernos cuando es hembra, y el hh determina un animal sin cuernos, independientemente del sexo.

En las cabras, la presencia de barbas, en algunas, está determinada por un gen autosómico que es dominante en machos y recesivo en hembras. El genotipo BB produce un animal con barba; el genotipo Bb, con barba en machos y sin barba en hembras y el genotipo bb determina un chivo sin barbas en machos o hembras.

Otro caso semejante es el plumaje de las gallinas de la raza leghorn y sebright, pues los genotipos HH y Hh tienen plumaje tipo gallina, mientras que los individuos hh tienen plumas tipo gallo.

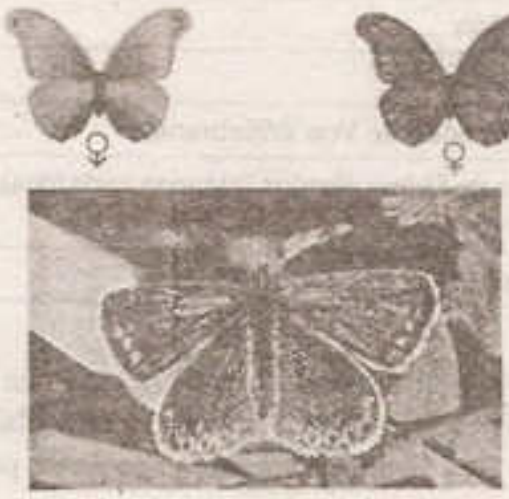
En el ganado vacuno ayshiere, las manchas para el color caoba están determinados por un gen dominante M. Es así que en los machos se expresan las manchas color caoba teniendo como variantes genotípicas: MM (homocigote dominante) y Mm (heterocigote); mientras que en las hembras, las manchas para el color caoba solo se expresarían cuando los dos alelos sean dominantes: MM (homocigote dominante), no en mm (homocigote recesivo) ni Mm (heterocigote).

Como podemos apreciar, el efecto de los genes puede estar influenciado por el sexo del individuo para que expresen características que lo hacen diferente.

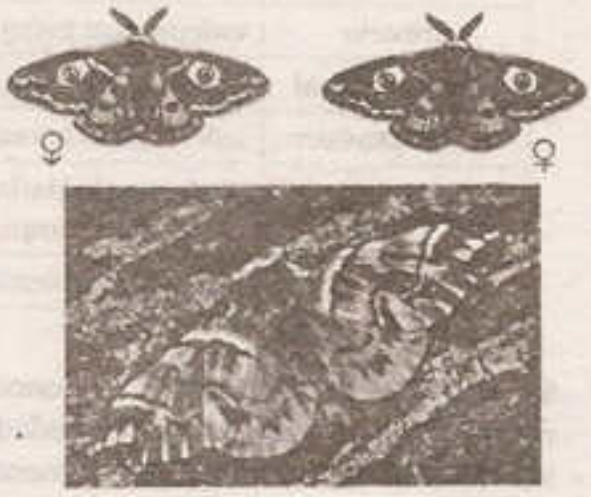
Genotipo	Hembra	Macho
homocigote dominante (HH)	con cuernos	con cuernos
heterocigote (Hh)	sin cuernos	con cuernos
homocigote recesivo (hh)	sin cuernos	sin cuernos

Es importante saber que pueden haber algunas particularidades como los organismos ginandromorfos que contienen tanto características masculinas como femeninas, los ginandromorfos se encuentran principalmente entre los insectos. En estos, así como en otros muchos invertebrados, la primera división mitótica del cigoto determinará las futuras mitades derecha e izquierda del nuevo individuo.

Por ejemplo, en algunas variedades de mariposas se puede apreciar que un lado de su cuerpo presenta características femeninas y el otro lado, masculinas. Si el cigoto era originalmente masculino (2N+ZZ), y durante la primera división mitótica uno de los cromosomas Z se pierde, entonces una mitad sería femenina (2N+ZO) y la otra mitad, masculina (2N+ZZ), ya que todas las células de una mitad del cuerpo son descendientes en línea directa de esta única célula.



Polyommatus icarus



Endromis versicolora

GENÉTICA HUMANA

1 CARACTERES HUMANOS HEREDADOS

El desarrollo de cada uno de los órganos del cuerpo está regulado por un enorme número de genes que el Proyecto Genoma Humano se encargará de descifrar. Los genes se van expresando de forma paulatina en el ser humano; sin embargo, podemos anotar que la mayoría de caracteres se expresan antes del nacimiento, y luego del nacimiento comienzan a expresarse características tales como el color de los ojos y del pelo. En la infancia se suelen expresar los caracteres como la distrofia muscular; en la adolescencia, los caracteres masculinos secundarios, los caracteres femeninos secundarios y a veces el astigmatismo; también hay caracteres que se expresan en la edad adulta como el glaucoma y la corea de Huntington.

2 GENES HUMANOS

En el *Homo sapiens* se encuentran genes dominantes, genes recesivos, genes de dominancia incompleta, genes codominantes, alelos múltiples, genes epistáticos, genes hipostáticos, genes ligados al sexo, genes influidos por el sexo, poligenes y genes pleiotrópicos. Los que se conocen hasta la fecha tienen que ver principalmente con las enfermedades.

2.1. GENES DOMINANTES Y RECESIVOS EN EL HOMBRE

Pocas características tienen un patrón de herencia dominante completa, por ejemplo, el alelo para cabello rizado es dominante sobre el alelo para cabello lacio; el alelo para las pecas es dominante sobre el alelo para su carencia; y el alelo para los hoyuelos de las mejillas es dominante sobre el alelo de la carencia de hoyuelos.

TRASTORNOS AUTOSÓMICOS DOMINANTES	
Sistema	Trastorno
nervioso	enfermedad de Huntington, neurofibromatosis, distrofia miotónica, esclerosis tuberosa
urinario	enfermedad poliquística del riñón
gastrointestinal	poliposis colónica familiar
hematopoyético	esferocitosis hereditaria, enfermedad de Von Willebrand
esquelético	síndrome de Marfan, síndrome de Ehlers-Danlos (algunas variantes), osteogénesis imperfecta, acondroplasia
metabólico	hipercolesterolemia familiar, porfiria aguda intermitente

- **Enfermedad de Huntington.** Es conocida también como corea de Huntington, y es de herencia dominante. En esta enfermedad se degeneran los núcleos basales del encéfalo. Una vez que esta se manifiesta generalmente entre los 35 y 50 años de edad, el paciente presenta demencia y vive de 5 a 20 años.

A todo el público en general:

El Proyecto Modo Scan+100, nace de una idea del **Team Calapenshko**, el cual es difundir todo aquel texto inédito que no esté circulando en la red.

Nuestro Grupo Calapenshko hace el mejor esfuerzo para digitalizar este libro, y así usted estimado lector pueda obtener la mejor experiencia que toda persona desea al abrir un libro.

Este proyecto llega gracias a las **donaciones que se pudo obtener de 100 personas** comprometidas con el proyecto **MODO SCAN+100**.

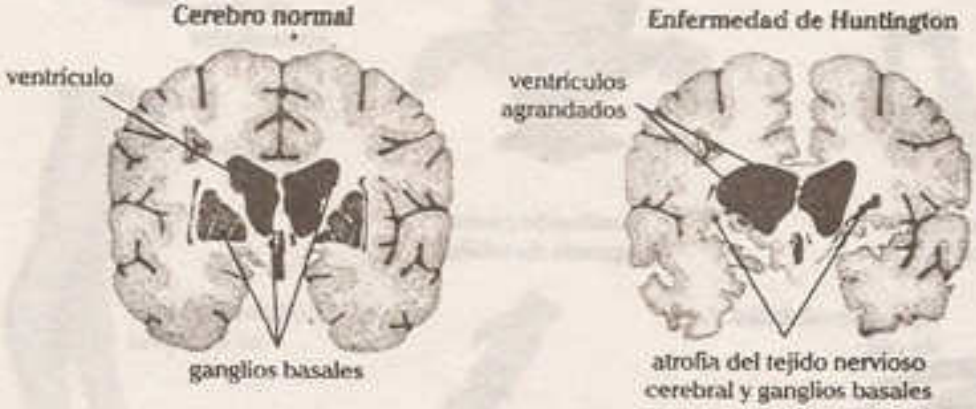
Este libro no debe ser prostituito monetariamente, este libro no debe ser coleccionado, este libro debe ser destruido analíticamente, así que te invito a leerlo.

No pagues por este libro de **circulación gratuita**, búscalo en la red.

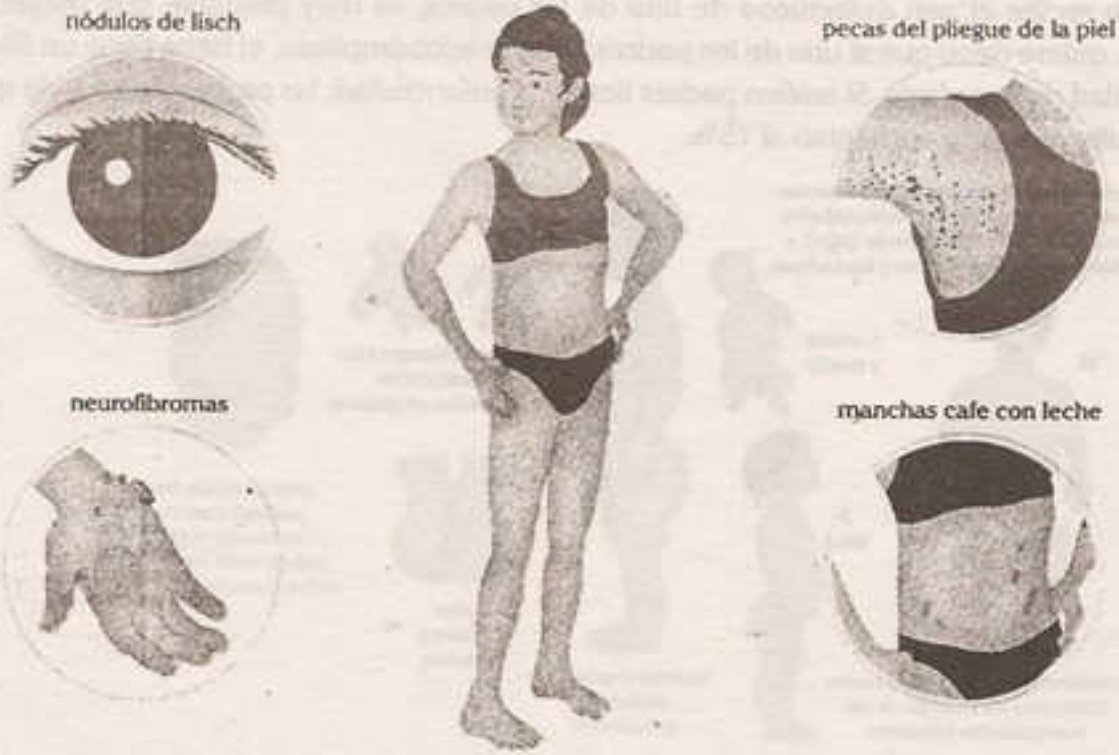
Atentamente, el **GRUPO CALAPENSHKO**

18 de agosto del 2020

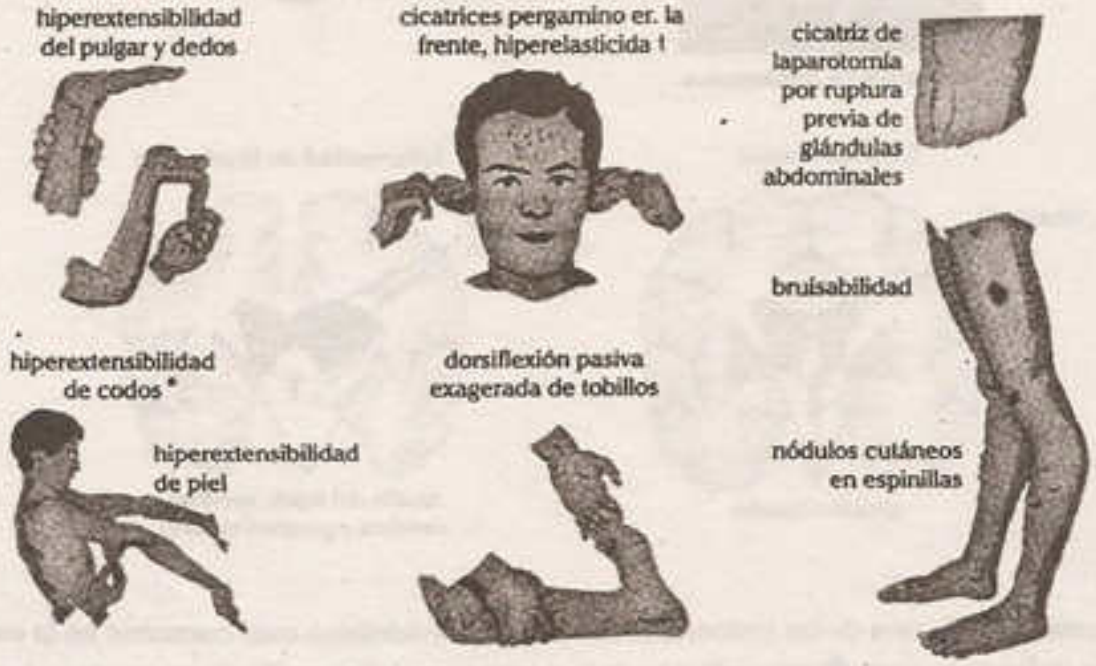
Enfermedad de Huntington



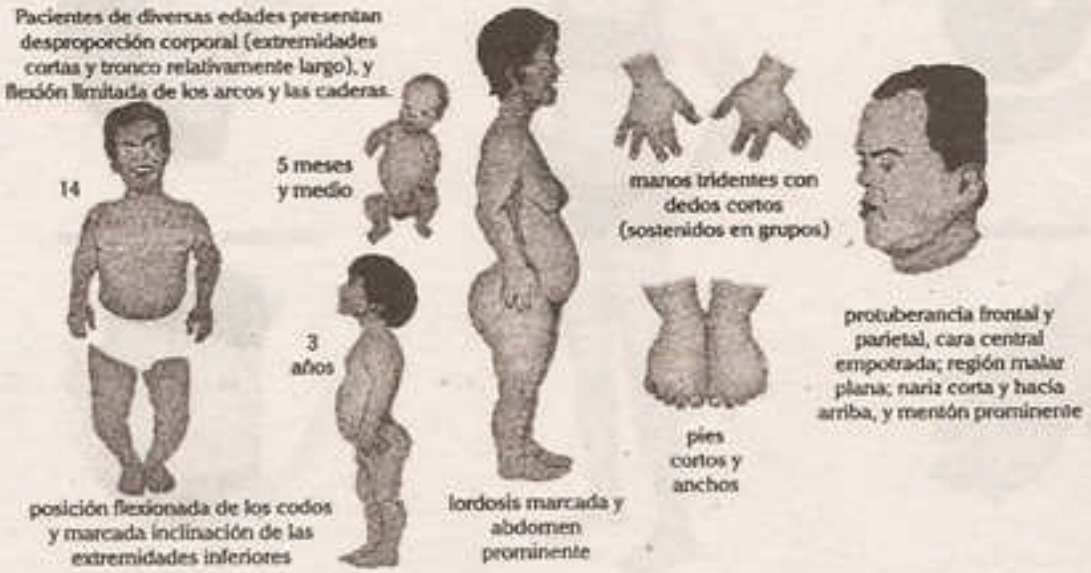
- **Neurofibromatosis.** Es una de las enfermedades de tipo mendeliana más comunes en la especie humana. Se debe a un alelo dominante y se caracteriza por el desarrollo de numerosos tumores benignos a lo largo de las vainas de los nervios periféricos, generalmente palpables bajo la piel.



- **Síndrome de Ehlers-Danlos.** Afecta los tejidos conectivos, principalmente a la piel, las articulaciones y las paredes de los vasos sanguíneos.
  Los síntomas incluyen articulaciones excesivamente flexibles que se pueden dislocar, así como piel hiperelástica y traslúcida en la que se forman hematomas con facilidad. En unos casos, se puede producir la dilatación y ruptura de los vasos sanguíneos grandes.
  El tratamiento ayuda a controlar los síntomas y las posibles complicaciones. Algunas opciones son el uso de fármacos, la fisioterapia y, algunas veces, la cirugía.



- **Acondroplasia.** Es un trastorno del crecimiento de los huesos que ocasiona el tipo más común de enanismo. Se puede heredar como un rasgo autosómico dominante, lo cual significa que si un niño recibe el gen defectuoso de uno de los padres, es muy probable que presente el trastorno, quiere decir que si uno de los padres padece acondroplasia, el bebé tiene un 50% de probabilidad de heredarlo. Si ambos padres tienen la enfermedad, las probabilidades de que el bebé resulte afectado aumentan al 75%.



- **Síndrome de Marfan.** Es un trastorno dominante del tejido conectivo que afecta los sistemas esquelético y cardiovascular, al igual que los ojos y la piel. El defecto del gen también causa crecimiento excesivo de los huesos largos del cuerpo, por eso, las personas con este síndrome tienen estatura elevada, las piernas y manos largas. En la mayoría de los casos, el síndrome de Marfan se transmite de padres a hijos (es hereditario); sin embargo, hasta el 30% de las personas no tiene un antecedente familiar.

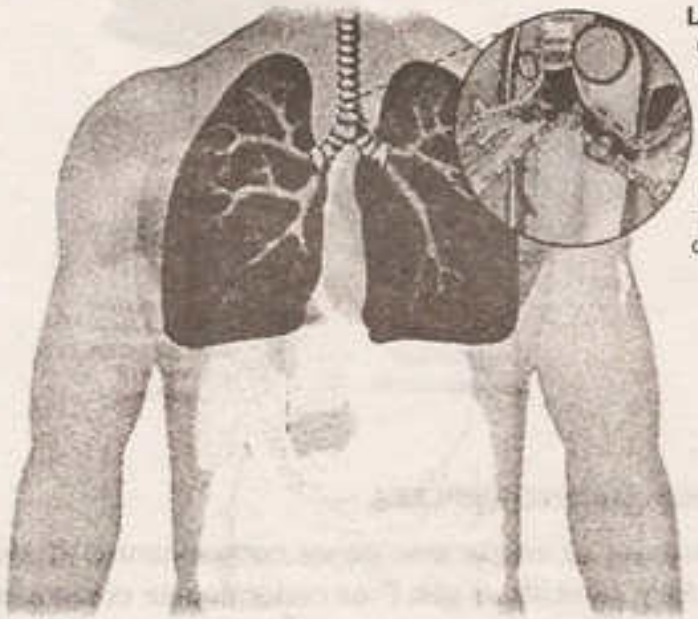
manos alargadas (aracnodactililia) | deformación del pecho | arteria aorta inflamada

- **Osteogénesis imperfecta.** Es un trastorno genético en el cual los huesos se fracturan con facilidad, algunas veces, los huesos se fracturan sin motivo aparente. También puede causar músculos débiles, dientes quebradizos, columna desviada y pérdida del sentido del oído. La osteogénesis imperfecta es causada por uno o varios genes que no funcionan adecuadamente, esto afecta la manera en que el cuerpo produce colágeno, proteína que ayuda a fortalecer los huesos.

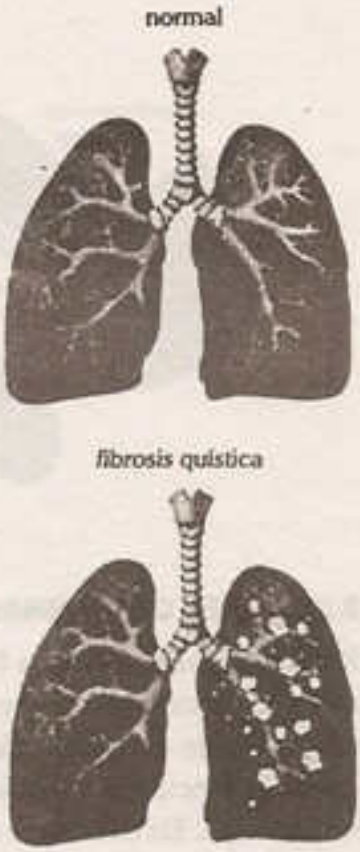
TRASTORNOS AUTOSÓMICOS RECESIVOS	
Sistema	Trastorno
metabólico	fibrosis quística, fenilcetonuria, galactosemia, homocistinuria, enfermedad por depósito lisosómico, déficit de α1-antitripsina, enfermedad de Wilson, hemocromatosis, enfermedades de depósito de glucógeno
hematopoyético	anemia falciforme, talasemias
endocrino	hiperplasia suprarrenal congénita
esquelético	síndrome de Ehlers-Danlos (algunas variantes), alcaptonuria
nervioso	atrofias musculares neurógenas, ataxia de Friedreich, atrofia muscular espinal

- **Fenilcetonuria.** Consiste en la incapacidad de producir la enzima que convierte el aminoácido fenilalanina en otro aminoácido denominado tirosina, esto conlleva a que el individuo convierta la fenilalanina en otras sustancias tóxicas que se acumulan en el organismo y lesionan al sistema nervioso central.

- **Alcaptonuria.** Consiste en la pigmentación del cartílago y tejido fibroso con la aparición final de artritis. La razón es la falta de la enzima ácido homogentísico deshidrogenasa.
- **Fibrosis quística.** Es la alta concentración de electrolitos en el sudor, cirrosis hepática, insuficiencia pancreática y fundamentalmente falta de enzimas digestivas. No hay espermatogénesis en los varones, pero algunas mujeres son fértiles.



La fibrosis quística es un trastorno hereditario caracterizado por la congestión pulmonar, así como la infección y mala absorción de nutrientes por parte del páncreas.



- **Gangliosidosis.** Por ejemplo, el Tay Sachs tiene por causa la deficiencia de la enzima hexoaminidasa A que metaboliza a los esfingolípidos en el tejido nervioso, en la mayoría de los casos se presentan ceguera, parálisis y muerte er los primeros años de vida.
- **Albinismo oculocutáneo tirosinasa.** Presenta dos tipos: negativo, cuando hay ausencia de pigmentación debido a la falta de la tirosinasa, enzima que transforma la tirosina en melanina que es el pigmento de la piel, presenta una marcada susceptibilidad al cáncer a la piel; y el tipo positivo, que consiste en la reducción de la pigmentación por mala absorción de la tirosinasa por las células del cuerpo.
- **Anemia falciforme.** Es un grupo de trastornos hereditarios, en estos los glóbulos rojos adquieren forma de hoz. Las células mueren antes de tiempo, provocando una escasez de glóbulos rojos saludables, también pueden obstruir la irrigación sanguínea y causar dolor.

  Algunos de los síntomas de la anemia falciforme son las infecciónes, el dolor y la fatiga. El tratamiento incluye medicamentos, transfusiones de sangre y, con menor frecuencia, trasplante de médula ósea.

2.2. GENES CODOMINANTES Y DE DOMINANCIA INCOMPLETA

En el sistema sanguíneo MN de la especie humana se encuentran genes codominantes. El gen M es codominante con el gen N; en el sistema ABO, también el gen I^A es codominante con el gen I^B. Otro caso de codominacia es la **anemia drepanocítica**, en esta enfermedad hay codominancia a escala molecular, ya que los individuos heterocigotes producen hemoglobina normal y hemoglobina alterada. En este caso se expresa además una dominancia incompleta a escala celular, ya que la forma del glóbulo rojo se altera, siendo intermedia entre el disco bicóncavo normal y los glóbulos rojos en hoz, las cuales son característicos de la anemia drepanocítica.

2.3. GENES PLEIOTRÓPICOS

En el hombre también se conocen casos de genes pleiotrópicos que consisten en la expresión fenotípica múltiple de un solo gen. Por ejemplo, la **osteogénesis imperfecta** es un trastorno que afecta huesos, ojos y oídos.

2.4. POLIGENES

La especie humana es afectada por varias enfermedades poligénicas de efecto fenotípico aditivo, no discernible individualmente y de una fuerte dependencia ambiental (multifactorial). Como ejemplo se presentan las enfermedades comunes, tales como la diabetes mellitus, la hipertensión arterial y las malformaciones congénitas.

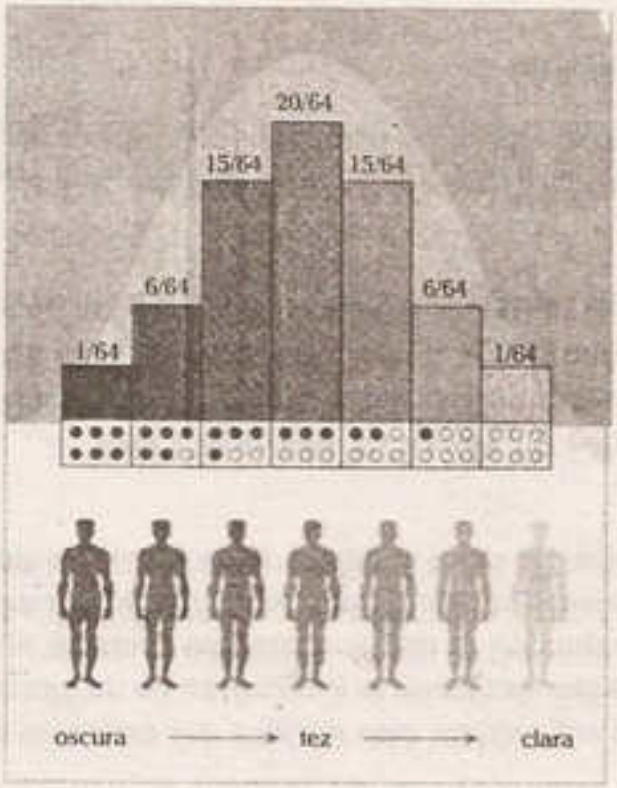
Aproximadamente de 1 a 2% de neonatos que presentan alguna malformación congénita poseen un complemento cromosómico normal y aparentemente no han sufrido mutación en el locus de un gen. Se supone que varios genes diferentes están comprometidos (herencia poligénica/multifactorial) en ellos. En esta categoría, está incluida la mayoría de las malformaciones limitadas a un solo órgano o sistema: hidrocefalia, anencefalia, espina bífida (defectos del tubo neural), hendiduras faciales (labio y paladar hendido), defectos cardíacos, estenosis pilórica, onfalocele, luxación de cadera, etc. Algunas afecciones requieren de un umbral de expresión: sobre un determinado número de poligenes se presenta la afección, estimulada supuestamente por algún factor ambiental, por ejemplo, para el caso de algunos defectos del tubo neural, presente en el embrión y que da origen al sistema nervioso central, además de los poligenes se ha logrado identificar al ácido fólico como un factor ambiental contribuyente en la aparición de tales defectos.

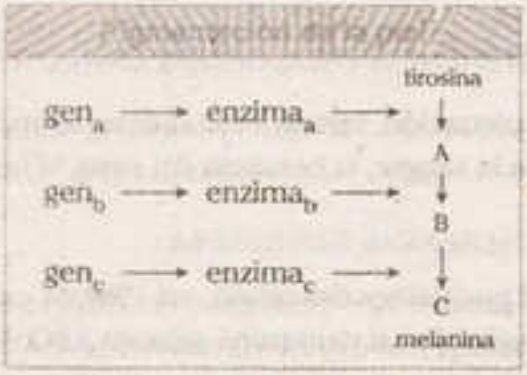
El color de la piel, en el hombre, se debe probablemente a tres o cuatro pares de genes; sin embargo, para realizar ejercicios se trabaja con dos pares. Estos genes son A para piel negra, a para piel blanca, B para piel negra y b para piel blanca. Las combinaciones posibles serán las siguientes:

4 dominantes	AABB	piel negra
3 dominantes	AABb AaBB	piel parda oscura piel parda oscura
2 dominantes	AAbb AaBb aaBB	piel parda intermedia piel parda intermedia piel parda intermedia
1 dominante	Aabb aaBb	piel ligeramente parda piel ligeramente parda
ningún dominante	aabb	piel blanca

Este tipo de herencia fue estudiado por Davenport en Jamaica, en individuos de variedad étnica negra.

Después del modelo de Davenport, se ha planteado que el color de la piel estaría dado por tres o más pares de alelos de locus distintos y se ha ideado representarlos como alelos A y a, B y b, C y c. Una persona con la piel más oscura sería AABBCC y una persona con la piel más clara sería aabbcc. Si estos dos tuvieran descendencia, toda esta sería de color de piel intermedio con genotipo AaBbCc, y si dos individuos AaBbCc tuvieran descendencia, solo 1 de 64 tendría la piel más oscura y 1 de 64, la piel más clara, como se ilustra en el siguiente gráfico.

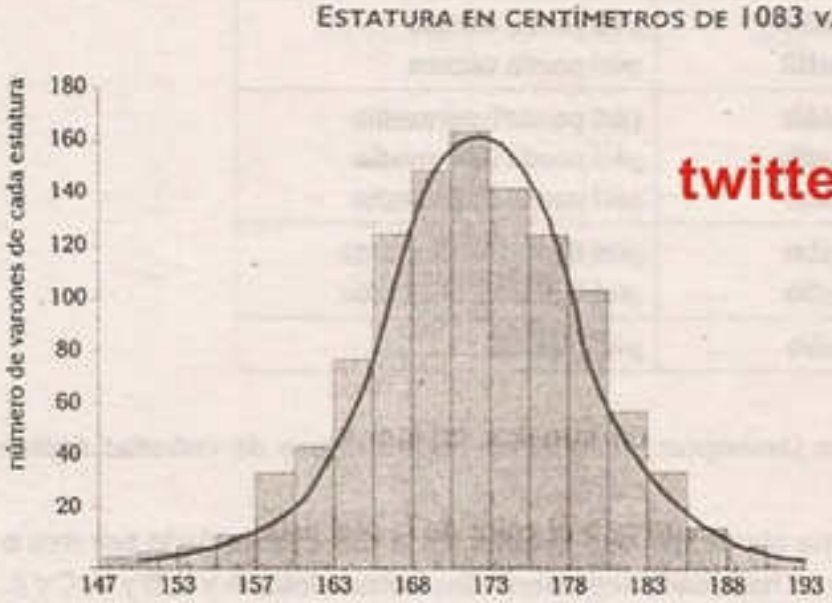




El pigmento más importante de la piel es la melanina que deriva de la tirosina.

La coloración de la piel humana, que demuestra gran variedad, es un caso de poligenia.

Otro caso de poligenia la encontramos en la estatura del hombre, que es controlada por 10 pares de genes o más, debido al gran número de pares génicos que participan y al factor ambiental (radiación solar que permite la síntesis de vitamina D, un factor de crecimiento) y nutricional; la estatura de los adultos a nivel mundial varía desde 1,25 m a 2,15 m, siendo la estatura promedio en el ámbito mundial: 1,70 m.



twitter.com/calapenshko

La herencia poligénica se asocia con una variación fenotípica continua en la población. La distribución de estaturas de 1083 varones adultos tiende a una curva normal. Las barras indican el número real de varones cuya estatura se encontró dentro del intervalo del grupo. Por ejemplo, hubo 163 varones con estatura entre 170 y 173 cm.

2.5. ALELOS MÚLTIPLES

En la especie humana, la herencia sanguínea del sistema ABO es un caso de alelos múltiples, donde encontramos los alelos I^A, I^B e i.

3▸ HERENCIA DE ALGUNOS CARACTERES HUMANOS

A continuación, vamos a estudiar la herencia de algunos caracteres humanos, tales como la herencia de la sangre, la herencia del sexo, la herencia ligada al sexo y la herencia influida por el sexo.

3.1. HERENCIA SANGUINEA

Karl Landsteiner descubrió, en 1900, la existencia de diferentes grupos sanguíneos en la especie humana, al cual denominó sistema ABO. Más adelante se descubrió la existencia del factor Rh.

En la actualidad, se reconocen más de 25 sistemas de grupo sanguíneo. Todos son trasmitidos de generación en generación. Destacan los sistemas ABO, Rh, MN, Lewis, Kell, Duffy y Kidd.

3.1.1. Sistema ABO

Los grupos sanguíneos A, B, AB y O se heredan a través de alelos múltiples. Cada uno de los alelos produce un fenotipo distinto. En el sistema ABO, el alelo I^A codifica la síntesis de una glucoproteína específica, el antígeno A; el alelo I^B conduce a la producción de una glucoproteína diferente, el antígeno B, y el alelo i no forma ningún antígeno. Estas glucoproteínas se localizan en las membranas de los glóbulos rojos y estimulan la producción de anticuerpos, esto significa que estimulan una respuesta inmunológica.

Los anticuerpos anti-A y anti-B son proteínas que se encuentran en el plasma de las personas que carecen de los antígenos correspondientes en sus eritrocitos.

El alelo i es recesivo ante I^A e I^B, pero estos últimos son codominantes entre sí porque se expresan fenotípicamente con la misma intensidad.

Fenotipo (Grupo sanguíneo)	Genotipo		Antígenos en los eritrocitos	Anticuerpos en el plasma	Observación
A	$I^A I^A$ $I^A i$	homocigote heterocigote	A	anti-B	Dona a A y AB.
B	$I^B I^B$ $I^B i$	homocigote heterocigote	B	anti-A	Dona a B y AB.
AB	$I^A I^B$	heterocigote	A y B	sin anticuerpos anti-A ni anti-B	Es receptor universal.
O	ii	homocigote	sin antígenos	anti-A y anti-B	Es donador universal.

a. Determinante químico

El determinante químico (inmunoquímico) de las cualidades de los grupos ABO está situado por carbohidratos y son los siguientes:

- A: N-acetil-D-galactosamina (ligada a la D-galactosa).
- B: D-galactosa (ligada a la D-galactosa).
- O(H): L-fucosa (ligada a la D-galactosa).
- Le(a): L-fucosa (ligada a la N-acetil-D-glucosamina).

De ahí la alta termoestabilidad de las sustancias de los grupos. Los grupos principales son A, B, O y AB. Las cualidades se encuentran en los tejidos y las células de la sangre.

b. Grupos

- Las personas del grupo A tienen, en el suero, anti-B (aglutina anticuerpo para las células portadoras de B).
- Las personas del grupo B tienen, en el suero, anti-A (aglutina para las células portadoras de A).
- Las personas del grupo O tienen anti-A y anti-B (aglutina para las células portadoras de A y B).
- Las personas del grupo AB no tienen anticuerpos séricos contra A ni contra B.

De ahí su importancia para las transfusiones, solo se pueden efectuar dentro de los grupos compatibles, es decir, a los pacientes A, solo A; a los pacientes B, solo B, etc. A pesar de haberse efectuado una correcta determinación de los grupos sanguíneos del donante y el receptor en cada caso de transfusión debe realizarse de nuevo las pruebas siguientes: prueba cruzada y prueba de Oehlecker.

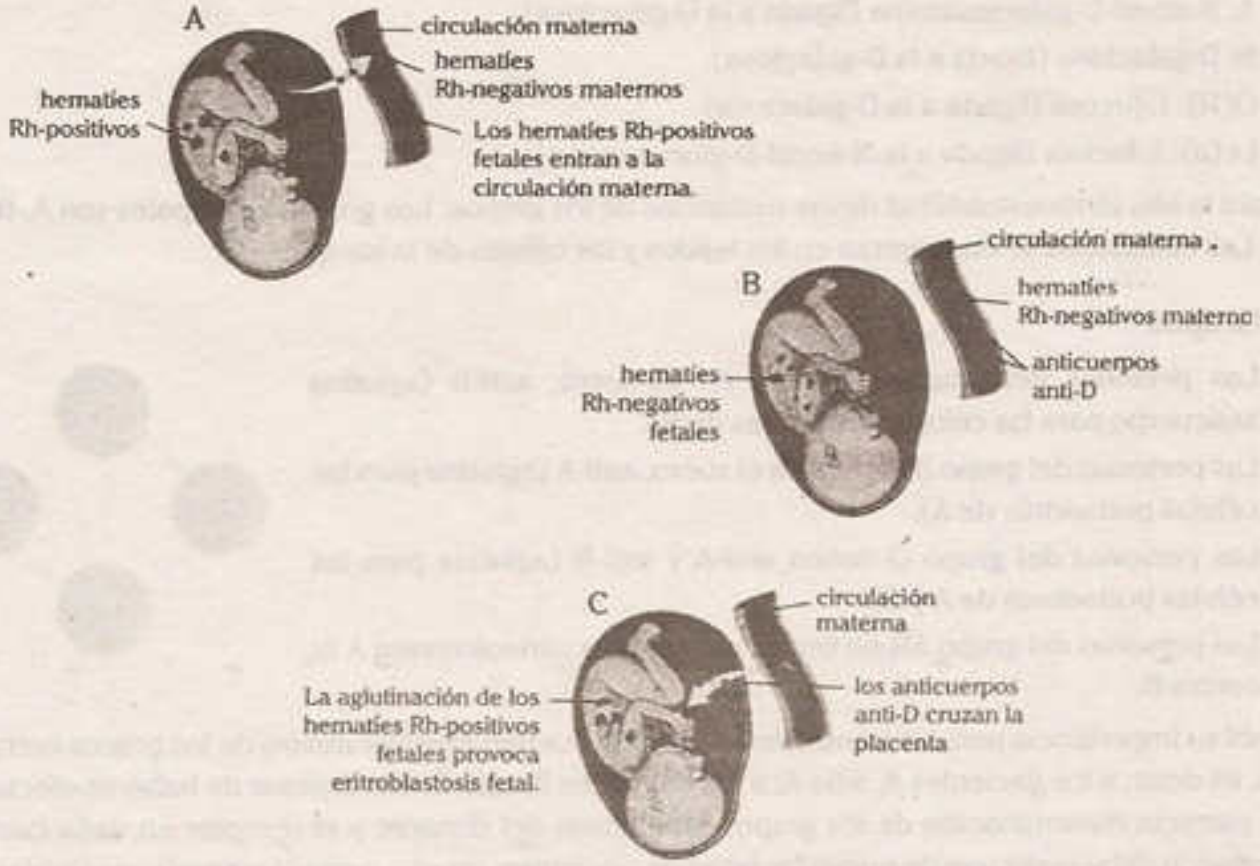
3.1.2. Sistema Rh

Denominado así porque fue descubierto en el mono *Macacus rhesus*. Está formado por ocho tipos diferentes de antígenos Rh, siendo el más importante el antígeno D. Las personas que poseen dicho antígeno en sus eritrocitos son Rh positivas y las que carecen de este, Rh negativas.

El siguiente cuadro establece los fenotipos y genotipos del factor Rh.

Fenotipo (grupo sanguíneo)	Genotipo		Antígeno
sangre Rh positivo	RR	homocigote dominante	D
	Rr	heterocigote	
sangre Rh negativo	rr	homocigote recesivo	sin D

Se ha descubierto un problema de incompatibilidad materno-fetal, respecto a este tipo de grupo sanguíneo: la eritroblastosis fetal. Esta enfermedad se produce cuando la madre es Rh negativa y el padre Rh positivo, el feto puede ser Rh positivo al heredar el antígeno D del padre. Al momento del parto siempre se produce una mezcla de sangre entre la madre y el feto originando que la madre se sensibilice y produzca anticuerpos anti-D. Cuando esta mujer vuelve a quedar embarazada, los leucocitos sensibilizados liberan los anticuerpos anti-D, produciendo lisis de los glóbulos rojos del feto que daña muchos órganos, incluyendo el cerebro. En casos extremos, el feto muere antes de nacer.



3.1.3. Sistema MN

Está controlado por alelos codominantes que determinan la presencia de glucoproteínas específicas en las membranas de glóbulos rojos, estas glucoproteínas se comportan como un nativo antígeno. Así tenemos los grupos M, N y MN. Se suelen representar estos genes con letras mayúsculas y varían ampliamente entre las poblaciones humanas.

Fenotipo (antígenos eritrocitarios)	Genotipo
grupo M	MM
grupo N	NN
grupo MN	MN

Presenta las siguientes características: es independiente del sistema ABO y de los demás grupos, es independiente del sexo, la cualidad de las células sanguíneas (químicamente) es mucoida con ácido neuramina y comprente dos factores combinantes.

Existen tres tipos:

- Las personas de fenotipo M son genotípicamente MM.
- Las personas de fenotipo N son genotípicamente NN.
- Las personas de fenotipo MN son genotípicamente MN.

De ahí que un hombre del grupo N no puede ser el padre de una criatura M. Un hombre del grupo M no puede ser el progenitor de una criatura N. Como puede apreciarse, en este sistema no se requieren en lo absoluto investigaciones adicionales ya que se puede deducir directamente del genotipo.

Por ejemplo, si tenemos lo siguiente:

- Presunto padre: M (MM)
- Madre: M (MM)
- Hijo: MN (MN)

Se evidencia que la madre solo pudo trasmitirle el carácter M al hijo. Pero el hijo es además N, rasgo que solo puede haber heredado del padre. El presunto padre no lo posee y tiene que ser, por tanto, excluido.

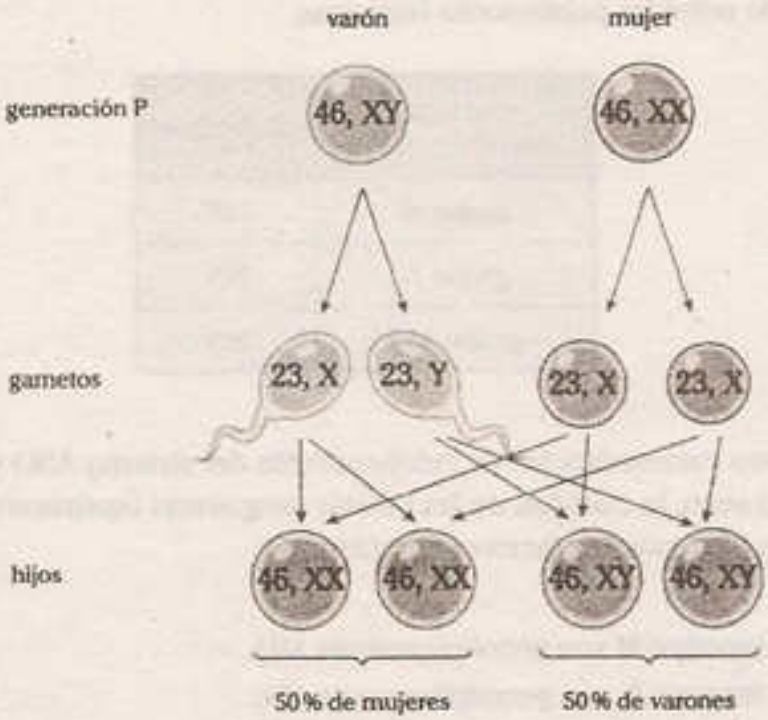
3.2. HERENCIA DEL SEXO

En el hombre, la determinación sexual está dada por el sistema XX-XY, la mujer presenta dos cromosomas sexuales X, mientras que el varón presenta un cromosoma X y otro Y.

En la mujer, un cromosoma X es totalmente eucromatínico, es decir, activo; mientras que el otro cromosoma es principalmente heterocromatínico, es decir, inactivo. El cromosoma X inactivo ha recibido el nombre de corpúsculo de Barr, este puede ser de origen paterno o materno y su inactivación ocurre de manera temprana durante el desarrollo embrionario.

En el varón, los dos cromosomas son eucromatínicos, quiere decir activos; en la región diferencial del cromosoma Y destaca el gen SRY, responsable de la diferenciación de la gónada hacia el testículo.

En el ser humano normal, la mujer forma todos sus óvulos con cromosoma X; mientras que el varón forma espermatozoides con el cromosoma X, 50% y con el cromosoma Y, 50% . De ahí que las probabilidades de hijos varones y mujeres es de 50% para ambos casos.



3.3. FENOTIPO SEXUAL Y CRITERIOS DE ASIGNACIÓN DEL SEXO

Respecto a la sexualidad humana, es necesario diferenciar los diversos niveles en los cuales puede adjudicarse el sexo a una persona. Si bien el fenotipo sexual biológico más importante es el sexo gonadal, desde el punto de vista médico, el fenotipo sexual esencial es el sexo psicológico (orientación sexual), que en la gran mayoría de los casos se corresponde con el sexo de crianza. Es conveniente despojar la determinación sexual de las connotaciones extracientíficas que frecuentemente se distorsionan frente al público no informado. Si en un paciente, con una personalidad equilibrada y en buena interacción con el ambiente social que lo rodea, existe una desarmonía entre su sexo psicológico y alguno de los otros niveles del fenotipo sexual, entonces el primero de ellos es el prioritario en la asistencia médica.

El síndrome de feminización testicular presenta casos ejemplificadores, en los cuales el sexo cromosómico, el sexo génico y el sexo gonadal son absolutamente masculinos, pero los genitales externos, los caracteres sexuales secundarios, el sexo de crianza y el sexo psicológico son femeninos, y la resección de la gónada (testículo) está indicada especialmente por el riesgo de un desarrollo tumoral.

En otro extremo, las variaciones de la orientación sexual usual (homosexualidad y otras), en las cuales no existe ninguna alteración original en los demás niveles del fenotipo sexual, no corresponden al área de la genética médica, sino a las áreas de la psicología, la psicología médica y las ciencias humanas.

Pueden distinguirse niveles sucesivos en el fenotipo sexual, con ciertas superposiciones.

Categoría	Tipo	Característica
sexo génico	gen SRY+ gen SRY –	Determine el sexo en los varones así como sus características morfológicas.
sexo cigótico o cromosómico	XY XX	Se presenta desde la fecundación.
sexo cromatínico	+ –	Presencia o ausencia del corpúsculo de Barr; no es usado actualmente en clínica.
sexo cariotípico	46, XY 46, XX variantes	Comprende el número cromosómico normal de un varón y una mujer.
sexo gonadal	testículo, ovario y hermafroditas	Se presenta desde el segundo mes de desarrollo; el análisis se realiza mediante laparoscopia y biopsia.
sexo ductal (conductos genitales)	c. de Wolff c. de Muller	Permite el desarrollo y la diferenciación de los conductos y órganos sexuales en el varón y la mujer.
sexo genital externo	masculino (M) femenino (F) variantes (seudohermafroditismo)	Se puede apreciar las estructuras de los genitales externos en varones y mujer.
caracteres sexuales secundarios	masculinos femeninos	Son hormonodependientes y pospuberales; se presenta el vello, las masas musculares, la laringe, el desarrollo mamario, etc.
sexo de asignación	legal	Es asignado civilmente al nacer.
sexo de crianza	M o F	Se da fundamentalmente por la relación materna y paterna en la primera infancia.
sexo psicológico	M, F o variantes	Se da por factores ambientales, de crianza y ambiente; factores biológicos.

3.4. HERENCIA LIGADA AL SEXO

3.4.1. Herencia ligada a X

Los rasgos controlados por los genes localizados en el cromosoma X como el daltonismo, la ceguera al color rojo y/o verde, y la hemofilia, ausencia de los factores VIII y/o del factor IX de la coagulación que provocará hemorragias descontroladas están ligados al cromosoma X, debido a que estos caracteres son trasmitidos por medio del cromosoma sexual X.

Los hijos varones reciben de su madre el cromosoma X; por lo tanto, todos los genes que determinan los caracteres ligados a X. Las mujeres, por el contrario, reciben un cromosoma X de la madre y otro del padre. En el varón, cualquier gen localizado en el cromosoma X se expresará independientemente del hecho que sea dominante o recesivo. Los varones con un gen ligado al X no son homocigotes ni heterocigotes, se dice que son hemicigotes.

Trastorno ligado a X	Características
daltonismo tipo deután	Presenta insensibilidad a la luz verde.
daltonismo tipo protán	Presenta insensibilidad a la luz roja.
deficiencia de glucosa-6-fosfato deshidrogenasa	Es una reacción anémica grave después de la ingestión de primaquinas en sustancias químicas o en ciertos alimentos como las habas.
distrofia muscular (tipo Duchenne)	Es una enfermedad progresiva caracterizada por la degeneración muscular y debilidad; a veces asociada con retraso mental y deficiencia de la proteína distrofina.
enfermedad de Fabry	Es una deficiencia de α galactosidasa A; presenta defectos en el corazón y los riñones, y puede producir una muerte temprana.
hemofilia A	Es la forma clásica de la deficiencia en la coagulación; se caracteriza por la carencia del factor de coagulación VIII.
hemofilia B	Es la deficiencia del factor de coagulación IX; conocida como la enfermedad "Christmas".
ictiosis	Es la deficiencia de la enzima esteroide sulfatasa; presenta una piel reseca y escamosa, particularmente en las extremidades.
síndrome de Hunter	Es una enfermedad de almacenamiento de mucopolisacáridos producida por la deficiencia de la enzima iduronato sulfatasa; presenta estatura pequeña, dedos como garras, rasgos faciales toscos, deterioro mental lento y sordera.
síndrome de Leshc-Nyhan	Es la deficiencia de la enzima hipoxantín-guanosín fosforribosil transferasa (HGPRT), dando lugar a retardo mental y motor, automutilación y muerte temprana.

En casi todos los genes ligados a X, el alelo dominante produce el rasgo normal y el recesivo la condición anormal. En la mujer deben estar presentes dos alelos recesivos ligados al sexo para que se exprese el carácter anormal, pero en el varón basta con la presencia de un alelo recesivo para que aparezca dicha condición. Una consecuencia práctica es que, mientras las mujeres se presentan como portadoras de tales caracteres, en los descendientes varones sí se expresa dicho carácter materno debido a que reciben su cromosoma X de la madre, jamás del padre.

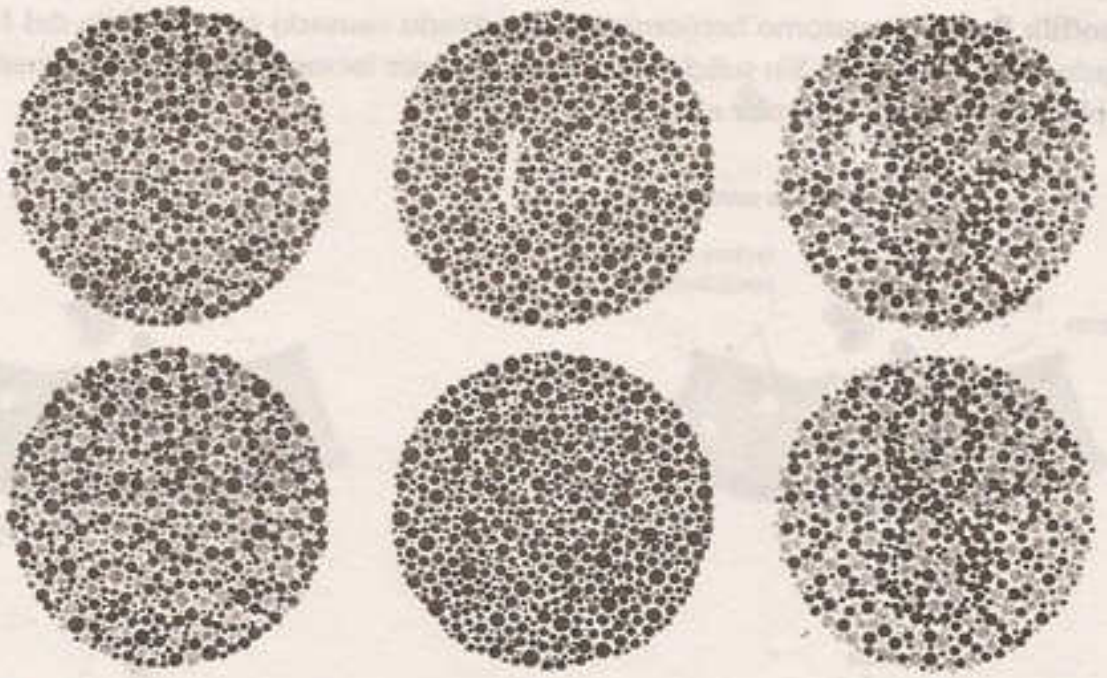
El síndrome de Lesch-Nyhan se caracteriza por trastornos neurológicos que se manifiestan después del nacimiento y está determinado por un gen localizado en el cromosoma X. En el Perú, se ha reportado el caso de una familia cajamarquina cuyos tres hijos han desarrollado la enfermedad.

a. Daltonismo

Se trata de una enfermedad hereditaria ligada al sexo que se caracteriza por la incapacidad de ver el color rojo y/o el verde. El gen que ocasiona el daltonismo es un gen recesivo localizado en la región diferencial del cromosoma sexual X, y se representa con letra minúscula d.

Sexo	Genotipo	Fenotipo
♀	X^DX^D	mujer normal
	X^DX^d	mujer portadora
	X^dX^d	mujer daltónica
♂	X^DY	varón normal
	X^dY	varón daltónico

Es de conocimiento que la enfermedad debe su nombre al físico británico, John Dalton (1766-1844), quien padecía la enfermedad y la estudió, pues la ceguera a ciertos colores le jugó malas pasadas. De hecho, descubrió que tenía discromatopsia porque confundía los frascos de reactivos y provocaba verdaderos desaguisados en el laboratorio.



Las cartas de Ishihara se utilizan en el diagnóstico del daltonismo desde que el doctor Shinobu Ishihara, profesor de la Universidad de Tokio las publicase en 1917. Mediante estas cartas se realiza un test visual que nos permitirá detectar si somos daltónicos. La prueba consiste en una serie de cartas de colores en las que veremos círculos de puntos de colores y tamaños aleatorios. En cada carta podemos ver un número visible para aquellos con visión normal e invisible o difícil de ver para otras personas que sufren alguna deficiencia visual.

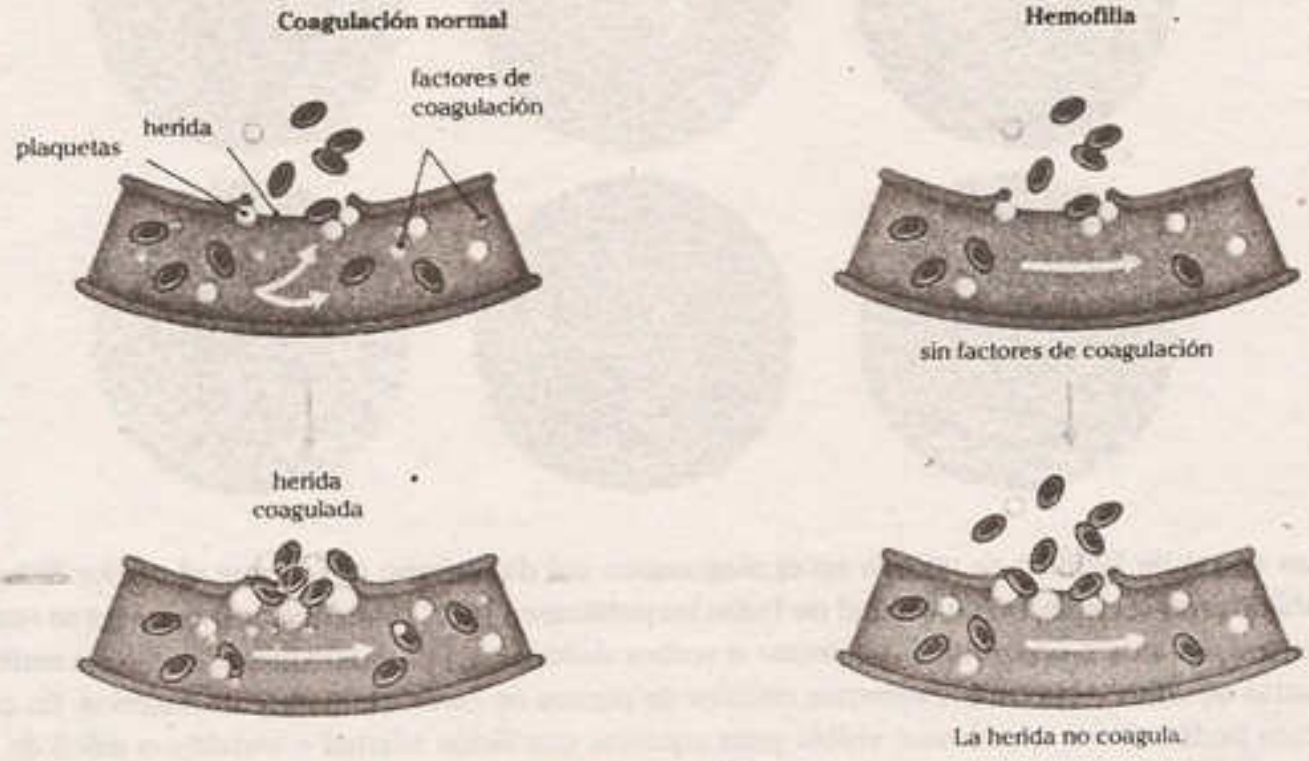
b. Hemofilia

Se trata de otra enfermedad hereditaria ligada al sexo que se caracteriza por la poca capacidad de coagulación sanguínea. El gen que ocasiona la hemofilia es un gen recesivo localizado en la región diferencial del cromosoma sexual X, y se representa con letra minúscula h.

Sexo	Genotipo	Fenotipo
♀	X^HX^H	mujer normal
	X^HX^h	mujer portadora
	X^hX^h	mujer hemofílica
♂	X^HY	varón normal
	X^hY	varón hemofílico

Tipos de hemofilia

- **Hemofilia A.** Es un trastorno hemorrágico hereditario causado por una falta del factor de coagulación sanguínea VIII. Sin suficiente cantidad de este factor, la sangre no se puede coagular apropiadamente para detener el sangrado.
- **Hemofilia B.** Es un trastorno hemorrágico hereditario causado por una falta del factor IX de coagulación de la sangre. Sin suficiente cantidad de este factor, la sangre no se puede coagular apropiadamente para controlar el sangrado.



La coagulación sanguínea

LA HEMOFILIA EN LAS FAMILIAS REALES DE EUROPA

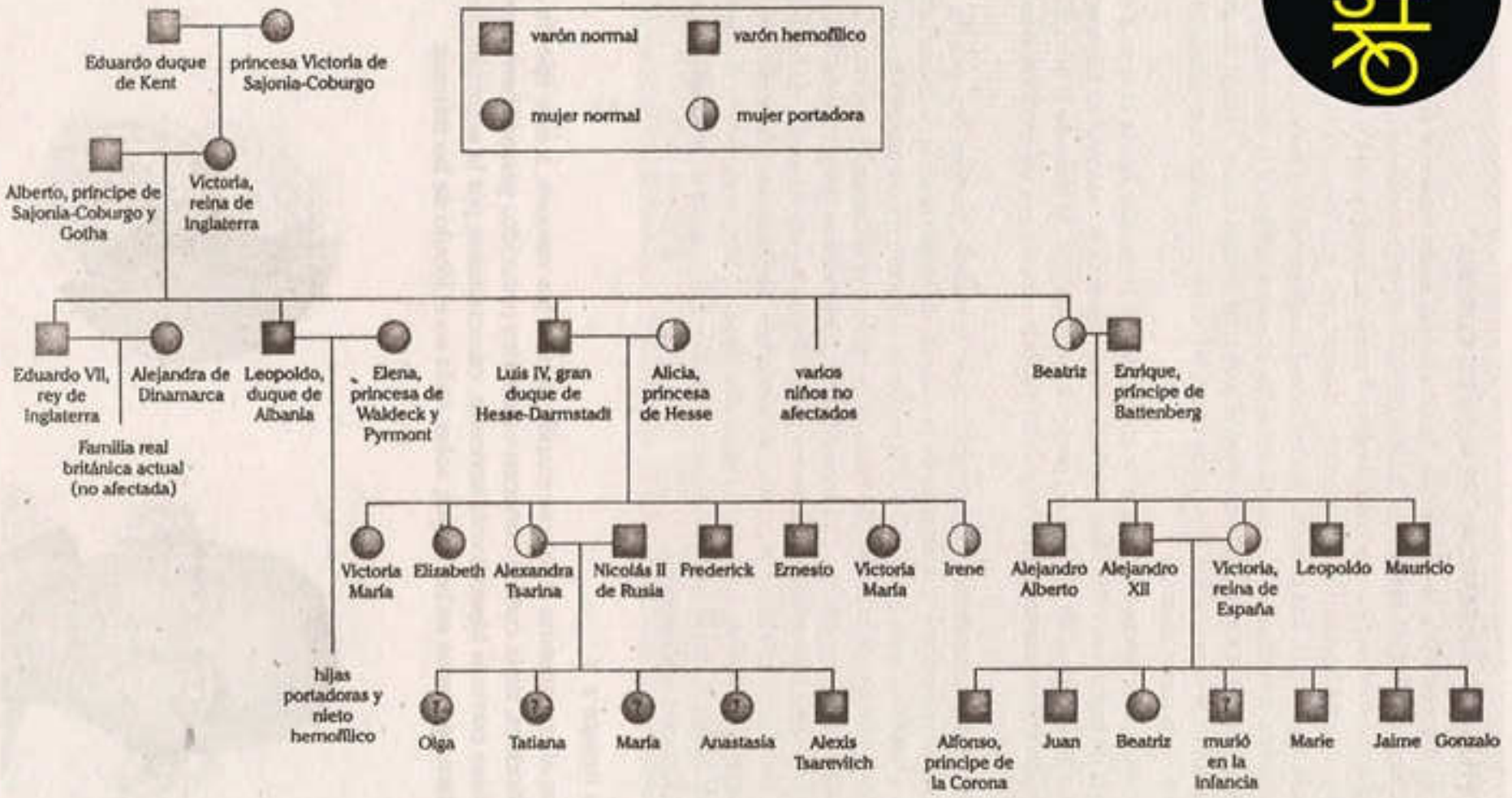
La hemofilia es originada por la deficiencia de una de las sustancias que hace que la sangre coagule, deficiencia heredada mediante un alelo recesivo en el cromosoma X. Los varones afectados no sangran hasta morir en el primer rasguño o golpe; la mayoría de los hemofílicos puede coagular una pequeña herida. Como resultado, los varones, con frecuencia, sobreviven para heredar el alelo a sus hijas. Las mujeres hemofílicas homocigotas son raras, pero se conocen algunas. De manera sorprendente, generalmente no mueren debido a la menstruación o aun después del sangrado que se presenta durante el parto. En ambos casos, el flujo sanguíneo se detiene no mediante la coagulación sino mediante contracción muscular, deteniendo la circulación sanguínea de la pared uterina.

El estudio genético más famoso involucra la trasmisión de hemofilia ligada al sexo a partir de la reina Victoria de Inglaterra a sus hijos y finalmente a casi toda la casa real en Europa. Debido a que todos los antecesores de Victoria no presentaron hemofilia, el alelo de la hemofilia debe haberse originado como una mutación ya sea en Victoria cuando era un embrión o en uno de sus padres.

El número extenso de casamientos entre miembros de la realeza, quienes después de todo no pueden casarse con miembros que no sean de la realeza, diseminó el alelo de la hemofilia de la reina Victoria a través de toda Europa. Su descendiente hemofílico más famoso fue su bisnieto Alexis Tsarevich (príncipe de la corona de Rusia). Los episodios de sangrado en el único hijo del zar estresaban mucho a sus padres. La zarina Alejandra (nieta de la reina Victoria) creía que el monje Rasputín y nadie más podía controlar los sangrados de Alexis. Rasputín, de hecho, quizás era capaz de hacer esto mediante hipnosis, haciendo que Alexis contara la eliminación de las áreas que sangraban mediante contracción muscular. Sin embargo, la hemofilia no fue la causa de la muerte de Alexis, él murió con el resto de su familia en el proceso de revolución que estuvo dirigida por Lenin y los bolcheviques.

3.4.2. Herencia ligada a Y

Los genes ligados al cromosoma Y solo se manifiestan en los varones; a este tipo de herencia se le denomina holándrica, de la cual se conocen casos muy reducidos generalmente asociados con enfermedades, tales como la hipertricosis auricular, caracterizada por la acumulación de grasa y presencia abundante de pelos en las orejas, sobre todo en el lóbulo de las mismas.



El presente árbol genealógico ilustra la trasmisión de la hemofilia en las familias reales de Europa.

3.5. HERENCIA INFLUIDA POR EL SEXO

Un caso común de herencia influida por el sexo es el de la calvicie prematura en humanos que se manifiesta en varones.

El gen para calvicie es un autosómico dominante, es decir, que no se localiza en los cromosomas sexuales, sino en alguno de los cromosomas autosómicos.

La expresión del gen autosómico de la calvicie está influenciada por la constitución hormonal del individuo. Si un varón presenta el gen de la calvicie, este se expresará al ser activado por la testosterona que es la hormona masculinizante. Por esta razón, el varón homocigote dominante (CC) se va volviendo calvo conforme pasen los años, en una situación similar el varón heterocigote (Cc).

Si un varón no presenta el gen de la calvicie no será calvo y su constitución genética es homocigote recesivo (cc).

Si una mujer presenta el gen para la calvicie, este no se expresará en la condición heterocigota (Cc) porque ella produce principalmente estrógenos, hormonas feminizantes. Sin embargo, en la condición homocigota dominante (CC) se expresa en la edad madura, cuando disminuye la síntesis de estrógenos.

Las mujeres homocigotas recesivas (cc) son siempre no calvas; si lo fueran esto no se debe a genes sino a otros factores.

Genotipo	Mujer	Varón
homocigote dominante CC	calva	calvo total
heterocigote Cc	no calva	calvo parcial
homocigote recesivo cc	no calva	no calvo

Distrofia muscular, una enfermedad ligada al cromosoma X

La distrofia muscular incluye a un grupo de más de 30 enfermedades genéticas caracterizadas por debilidad progresiva y degeneración de los músculos esqueléticos que controlan el movimiento. Algunas formas de distrofia muscular se notan en la infancia o la niñez, mientras que otras aparecen más tarde o en la adultez. Los trastornos difieren en cuanto a la distribución y extensión de la debilidad muscular (algunas formas de distrofia muscular también afectan el músculo cardíaco), la edad de inicio, la tasa de progresión y el patrón de herencia. El pronóstico de la distrofia muscular varía según el tipo y la progresión de la enfermedad.

No existe hasta ahora un tratamiento específico que pueda detener o revertir la progresión de cualquier forma de distrofia muscular, aunque hay varios estudios de investigación, incluyendo estudios con células madre. Todas las formas de distrofia muscular son genéticas y no se pueden prevenir en este momento, aparte del cribado prenatal. Los tratamientos disponibles están dirigidos a mantener a la persona independiente durante tanto tiempo como sea posible y prevenir las complicaciones que resultan de la debilidad, la movilidad reducida, las dificultades para respirar y problemas del corazón. El tratamiento puede incluir una combinación de terapia física, remedios y cirugía que pueden ayudar a la persona afectada a mejorar su calidad de vida.

La ventilación asistida es necesaria para tratar la debilidad muscular respiratoria que acompaña muchas formas de distrofia muscular, especialmente en las etapas avanzadas. A veces también se puede necesitar el uso de un tubo de alimentación gástrica.

Son más o menos raras dependiendo del tipo específico. La distrofia muscular de Duchenne es la distrofia muscular más frecuente (1 para cada 3500 varones que nacen), la segunda es la distrofia de Becker (1 para cada 30 000 varones que nacen). Los otros tipos son más raros (por ejemplo, la distrofia de cinturas ocurre en solo 1,3% de los pacientes con distrofia muscular).

El pronóstico varía según el tipo de distrofia muscular y la velocidad de progresión. Algunos tipos son leves y progresan muy lentamente, permitiendo la esperanza de vida normal, mientras que otros son más graves y dan lugar a la incapacidad funcional y la pérdida de la deambulación. La esperanza de vida a menudo depende del grado de debilidad muscular, así como la presencia y la gravedad de los problemas respiratorios o del corazón.

Adaptado de <https://rarediseases.info.nih.gov/>

Preguntas resueltas

Pregunta 1

En los chivos, la presencia de barbas está determinado por un gen autosómico que es dominante en machos y recesivo en hembras. El genotipo BB produce un animal con barba; el genotipo Bb, con barba en machos y sin barba en hembras; el genotipo bb determina un chivo sin barbas en machos o hembras. Si se cruzan dos chivos: un macho con barba heterocigote y una hembra con barba, ¿qué probabilidad existe que la cría presente barba si nace macho?

A) 0% B) 25% C) 50%
D) 75% E) 100%

Resolución

Ordenamos los datos en un cuadro para visualizarlo mejor.

Genotipo	Hembra	Macho
homocigote dominante	BB (con barba)	BB (con barba)
heterocigote	Bb (sin barba)	Bb (con barba)
homocigote recesivo	bb (sin barba)	bb (sin barba)

Planteamos los cruces

hembra: BB y macho: Bb

Bb×BB

	B	b
B	BB	Bb
B	BB	Bb

Interpretacion: Si la cría nace macho, la probabilidad para que presente barba según los resultados genotípicamente serían BB y Bb, y según los datos todos tendrían barba, es decir, 100%.

Clave E

Pregunta 2

En un laboratorio están realizando la crianza de moscas de la fruta para controlar su reproducción. Además se sabe que el tipo de herencia es ligada al sexo en el cromosoma X para el color de los ojos, tal que el color rojo es dominante con respecto al blanco. Si en un cruce una mosca hembra de ojos blancos se cruza con un macho de ojos rojos, ¿qué probabilidad hay de encontrar en la descendencia moscas de ojos blancos?

A) 0%
B) 25%
C) 50%
D) 75%
E) 100%

Resolución

Como la herencia es ligada al sexo al cromosoma X se sabe lo siguiente:

Hembras posibles	X^RX^R X^RX^r	ojos rojos
	X^rX^r	ojos blancos
Machos posibles	X^RY	ojos rojos
	X^rY	ojos blancos

Lumbreras Editores

Teniendo en cuenta el cuadro anterior, realizamos el cruce de los progenitores.
macho ojos rojos: X^RY
hembra ojos blancos: $X^r X^r$

	X^R	Y
X^r	X^RX^r	X^rY
X^r	X^RX^r	X^rY

En el cuadro podemos apreciar la descendencia y notamos que hay moscas de ojos blancos cuyos genotipos son X^rY. Por lo tanto, las moscas de ojos blancos corresponderán al 50 % del total de la descendencia.

Clave C

Pregunta 3

Un hombre requiere urgentemente una transfusión sanguínea. Si pertenece al grupo sanguíneo ORh^+, teóricamente, sin tomar otras variables podría recibir sangre de un individuo con grupo sanguíneo

A) Rh^+.
B) BRh^+.
C) ARh^+ y BRh^+.
D) ORh^+.
E) $AB\,Rh^+$.

Resolución

Se sabe que las personas que presentan el grupo sanguíneo O son donadores universales, sin embargo, ellos solo pueden recibir sangre de otra persona que sea de su propio grupo sanguíneo y esto se fundamenta por los anticuerpos que presenta el grupo sanguíneo O, dado que contrarrestan a los antígenos de los demás grupos sanguíneos y en cuanto al factor Rh, que determina si es positivo o negativo, es mediado por el antígeno D que es dominante.

Clave D

Pregunta 4

La hemofilia de tipo A es producida por un gen ..... cuyo locus se halla en el cromosoma ..... y determina que no se sintetice el factor ..... de la coagulación.

A) dominante - X - IX
B) recesivo - Y - VIII
C) dominante - Y - IX
D) dominante - X - VIII
E) recesivo - X - VIII

Resolución

La hemofilia de tipo A es un trastorno hemorrágico, hereditario y recesivo, ligado al cromosoma X. Es producido por una falta del factor VIII de la coagulación sanguínea. Sin la suficiente cantidad de este factor, la sangre no puede coagularse apropiadamente y detener el sangrado.

Clave E

Pregunta 5

La eritroblastosis fetal se produce como consecuencia del ingreso de anticuerpos anti-D de la madre a su hijo, esto generalmente ocurre durante

A) el parto de su primer bebe.
B) el embarazo de su segundo bebe.
C) el embarazo de su primer bebe.
D) la implantación del blastocito de su segundo bebe.
E) el embarazo de su tercer bebe.

Resolución

La eritroblastosis fetal se produce cuando la madre es Rh negativa y el padre Rh positivo y el feto puede ser Rh positivo, al heredar el antígeno D del padre. En el momento del parto siempre se produce una mezcla de sangre entre la madre y el feto, esto origina que la madre se sensibilice y produzca anticuerpos anti-D.

Lumbreras Editores

Cuando esta mujer vuelve a quedar embarazada, los leucocitos sensibilizados liberan los anticuerpos anti-D, produciendo lisis de los glóbulos rojos del feto, lo cual daña muchos órganos, incluso el cerebro. Por lo tanto, ocurrirá en el segundo embarazo.

Clave B

Pregunta 6

Del cruce de dos individuos híbridos para el grupo sanguíneo A y factor Rh, determine la proporción de hijos del grupo sanguíneo A y Rh–.

A) 9/16 B) 1/4 C) 3/16
D) 1/16 E) 3/8

Resolución

Primero tenemos que determinar los genotipos para el grupo sanguíneo y el factor Rh de los individuos, varón y mujer. En este caso, los genotipos de los grupos sanguíneos y factor Rh ya están determinados, es así que tenemos lo siguiente:

varon: $I^Ai\ R^r$

mujer: $I^Ai\ R^r$

Procedemos a realizar el cruce: $I^Ai\ Rr \times I^Ai\ Rr$

Hallamos los gametos: $I^AR, I^Ar, iR, ir \times I^AR, I^Ar, iR, ir$

Distribuimos en el cuadro de Punnet.

	I^AR	I^Ar	iR	ir
I^AR	I^AI^ARR	I^AI^ARr	I^AiRR	I^AiRr
I^Ar	I^AI^ARr	I^AI^Arr	I^AiRr	I^Airr
iR	I^AiRR	I^AiRr	iiRR	iiRr
ir	I^AiRr	I^Airr	iiRr	iirr

Nos piden grupo sanguíneo A, solo basta que presente el alelo I^A para que sea grupo sanguíneo A, y en cuanto al factor Rh–, el genotipo tiene que ser rr, alelos recesivos, y tal como observamos en el cuadro serían 3/16.

Clave C

Pregunta 7

Juan, que tiene una visión normal para los colores, se casa con Elvira que tiene ceguera para los colores rojo y verde. ¿Cuál es la probabilidad que esta pareja tenga un hijo varón que herede la ceguera para los colores rojo y verde?

A) 1/4 B) 3/4 C) 1
D) 1/3 E) 0

Resolución

Juan tiene visión normal para los colores y Elvira tiene ceguera para los colores, por lo tanto, es daltónica. En este caso se trata de una herencia ligada al cromosoma X y están determinados por genotipos específicos.

	Genotipo	Fenotipo
Elvira	X^dX^d	mujer daltónica
Juan	X^DY	varón normal

Planteamos el cruce: $X^DY \times X^dX^d$

	X^D	Y
X^d	X^DX^d	X^dY
X^d	X^DX^d	X^dY

Resultado: En el cruce notamos que todos los varones que nazcan serán daltónicos, ya que heredan el alelo recesivo de la madre. Por lo tanto, el 100 % de varones serán daltónicos.

Clave C

Lumbreras Editores

Preguntas propuestas

1. Si la temperatura de incubación es mayor a 30 °C, los huevos al eclosionar solo originarán hembras. Esto ocurre en

A) gallinas.
B) tortugas.
C) cerdos.
D) sapos.
E) gorriones.

2. En algunos insectos como las abejas, los machos son haploides y las hembras son diploides. A este fenómeno se le denomina

A) arrenotoquía.
B) poliploidía.
C) hemicigosis.
D) heterocigosis.
E) aneuploidía.

3. Machos y hembras de una especie con genotipo idéntico pueden diferir en el fenotipo debido al sexo, este tipo de herencia se denomina

A) ligada al sexo.
B) ligada a X.
C) ligada a Y.
D) influida por el sexo.
E) dominante.

4. Las moscas machos de ojos rojos son hemicigotes, esto implica que llevan

A) una condición heterocigote.
B) una condición homocigote dominante.
C) una condición homocigote recesivo.
D) un alelo único para el color rojo en el cromosoma X.
E) dos alelos para el color rojo.

5. En un caso de herencia ligada a X, una mosca de ojos blancos se cruzó con un macho de ojos rojos. ¿Cuál es el porcentaje de machos de ojos blancos?

A) 100% B) 50% C) 25%
D) 75% E) 0%

6. En las ovejas, el alelo H controla la presencia de cuernos y es dominante en los machos. El genotipo HH produce un animal astado, independientemente del sexo; el genotipo Hh produce el fenotipo con cuernos si el individuo es macho y sin cuernos cuando es hembra, y el genotipo hh determina un animal sin cuernos independientemente del sexo. Según esto si una oveja hembra con cuernos se cruza con un macho sin cuernos, ¿cuál es la probabilidad de que en la descendencia tengan crías con cuernos si fueran hembras?

A) 0% B) 25% C) 50%
D) 75% E) 100%

7. La *Drosophila melanogaster*, también denominada mosca de la fruta o mosca del vinagre, recibe su nombre debido a que se alimenta de frutas en proceso de fermentación. Además fue una de las especies que tomó Thomas Morgan como muestra en 1910, cuando estableció por experiencia directa la localización de los genes. Escogió esta mosca porque

A) tiene pocos cromosomas.
B) es fácil de criar y presenta una variedad de razas.
C) presenta una acelerada división celular.
D) vive 24 horas como máximo.
E) presenta poliploidia.

Lumbreras Editores

8. En un caso de herencia ligada al sexo en moscas, una mosca heterocigota de ojos rojos (X^RX^r) se cruzó con un macho de ojos blancos (X^rY). ¿Qué porcentaje de la descendencia será de ojos blancos?

A) 25%
B) 75%
C) 50%
D) 100%
E) 0%

9. Un investigador observa en una isla que los huevos de una tortuga incubados a profundidad de la arena originan hembras, mientras que los que se encuentran cerca a la superficie originan machos. A este tipo de herencia se denomina

A) influenciada por el sexo.
B) restricta al sexo.
C) determinado por la temperatura.
D) ligada al sexo.
E) pleiotropía.

10. En muchas especies de animales se distinguen dos tipos de cromosomas, los ..... que contienen información para caracteres no sexuales, y los cromosomas sexuales o ..... que contienen la información determinante del sexo.

A) autosomas - alosomas
B) somáticos - autosomas
C) gonosomas - alosomas
D) alosomas - autosomas
E) autosomas - somáticos

11. Una pareja desea saber cuál es la probabilidad de que sea Rh^- el hijo que va a nacer. El médico les toma una muestra sanguínea y determina que ambos son Rh^+ híbridos, por lo tanto, hay una probabilidad del ..... de que el hijo sea Rh^-.

A) 0% B) 25% C) 50%
D) 75% E) 100%

12. Si el padre tiene coagulación normal y su esposa es portadora, ¿cuál es la proporción de que en la descendencia uno de sus hijos padezca de hemofilia?

A) 1/4
B) 3/4
C) 0
D) 1/2
E) 2/2

13. Una mujer de grupo sanguíneo A, cuyo padre era AB y su madre era B, tiene un hijo con un hombre de grupo O. Si se sabe que en el sistema sanguíneo ABO, los alelos para el gen A y B son codominantes, y ambos son dominantes respecto al alelo O, indique la alternativa correcta.

A) La mujer es de grupo sanguíneo A homocigótico.
B) El hijo puede presentar grupo sanguíneo A, B u O.
C) La madre de la mujer es grupo sanguíneo B heterocigótico.
D) El esposo de la mujer presenta los alelos codominantes.
E) El hijo solo podría presentar grupo sanguíneo O.

14. Si un varón que es donador universal y Rh^+ heterocigote se casa con una mujer que es receptora universal y Rh^-, ¿cuál es la probabilidad de que tengan hijos del grupo sanguíneo A y factor Rh^-?

A) 1/2
B) 1/3
C) 1/4
D) 1/16
E) 9/16

Lumbreras Editores

15. Una persona se realiza un examen para determinar su tipo de sangre y observa que esta no reacciona ante los anticuerpos anti-A ni anti-B. De acuerdo con el enunciado anterior, determine el tipo de sangre que tiene.

A) grupo O
B) grupo AB
C) grupo B
D) grupo A
E) receptor universal

16. Complete el siguiente cuadro de Punnet y señale la alternativa correcta. Considere que la hemofilia es una enfermedad recesiva ligada al cromosoma X.

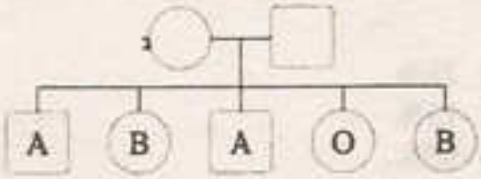
	.....	Y
X^H	X^HX^H	.....
.....	.....	X^HY

A) El padre es hemofílico.
B) El 25% de los hijos varones no serán hemofílicos.
C) La madre es homocigota dominante.
D) Del total de hijos, el 25% son portadores.
E) Todos los hijos varones son hemofílicos.

17. Muchos caracteres o rasgos humanos como la estatura, la forma corporal y la pigmentación de la piel están determinados por la interacción de dos o más pares de genes, por lo que se dice que su herencia es de tipo

A) incompleta.
B) multialélica.
C) polisómica.
D) poligénica.
E) mendeliana.

18. Para que los descendientes tengan los grupos sanguíneos que se muestran, los progenitores, en las figuras circular y cuadrada, deben ser



A) I^Ai y I^BI^B. B) I^BI^B y I^AI^A. C) I^Bi y I^Ai.
D) I^AI^B y ii. E) I^Ai y ii.

19. Del cruce de dos individuos se sabe que la mujer es híbrida para el grupo sanguíneo B y el daltonismo, mientras que el varón es híbrido para el grupo sanguíneo A y sano para el daltonismo. Determine la proporción de hijos de la pareja que tendrán daltonismo y grupo sanguíneo AB.

A) 9/16 B) 3/16 C) 3/8
D) 1/4 E) 1/16

20. Un hombre de grupo sanguíneo A, cuya madre era de grupo sanguíneo O, se casa con una mujer de grupo B, cuyo padre era también del grupo sanguíneo O. ¿Cuál es la probabilidad que tengan un hijo con el mismo tipo de sangre de la abuela paterna o el abuelo materno?

A) 1/2 B) 1/4 C) 2/3
D) 1/3 E) 3/4

21. En una familia, el padre es daltónico y uno de sus hijos tiene una visión normal; por lo tanto,

A) la madre es daltónica.
B) la madre es hemicigote recesivo.
C) el padre es portador.
D) la madre no tiene daltonismo.
E) el padre es homocigote dominante.

Lumbreras Editores

twitter.com/calapenshko

CAPÍTULO XIV

CITOGENÉTICA

Objetivos

- Identificar los principios básicos de la citogenética en los procesos hereditarios.
- Comprender la importancia del cariotipo en algunas especies para relacionarlo con el hombre.
- Identificar las anomalías cromosómicas en el hombre y sus principales características.

Introducción

Desde la última mitad del siglo XX se ha producido un espectacular progreso en el conocimiento sobre el material genético humano: se han caracterizado los cromosomas, identificado la secuencia completa del genoma y relacionado un gran número de alteraciones de la estructura y secuencia del ADN con todo tipo de enfermedades, tanto hereditarias como no hereditarias. Este desarrollo ha venido propiciado y acompañado por una gran cantidad de técnicas para su estudio, muchas de las cuales se han trasladado hacia la investigación y caracterización de la carga genética de los animales y a la aplicación en los humanos, a nivel práctico, sobre todo en el diagnóstico de ciertas patologías. Cada especie tiene un número de cromosomas con características morfológicas propias; sin embargo, hay también semejanzas. Las diferencias que existen entre los cromosomas de una especie con respecto de otra se explican en el proceso de evolución, mientras que la similitud, en el hecho de compartir un ancestro en común.

Los estudios de citogenética permiten explicar los procesos evolutivos desde su fundamento estructural, es decir, las mutaciones cromosómicas: duplicación, inversión, delección y traslocación; y las mutaciones puntuales.

Mediante los estudios citogenéticos, se ha podido realizar el diagnóstico cromosómico de muchas especies de plantas y animales, y sus resultados han permitido pronosticar el riesgo o la ventaja de la misma especie o en el hombre por su aprovechamiento, además su recurrencia en el número cromosómico, sirven de base para futuras investigaciones, porque prácticamente todos los análisis citogenéticos de rutina se realizan sobre preparaciones cromosómicas que se han tratado y teñido para producir un patrón de bandas específico de cada cromosoma. Esto permite la detección de cambios sutiles en la estructura de los cromosomas.

1▸ CITOGENÉTICA GENERAL

Ciencia híbrida que resultó de la fusión de los estudios de herencia y los estudios sobre la célula. La citogenética se encarga de estudiar el fenómeno de la herencia a nivel celular. La herencia de una generación celular a otra se da mediante los cromosomas, por ello la citogenética es el estudio de los cromosomas.

En 1902, Sutton fue uno de los primeros en llegar a la conclusión de que los genes son llevados por los cromosomas. Estudió el comportamiento de los cromosomas en la meiosis, y la segregación de los genes descritos por Mendel, cabe resaltar que los factores de herencia a los que se refería Mendel, actualmente se denominan genes.

2▸ LA CÉLULA ES UNA UNIDAD GENÉTICA

Se sabe que la teoría celular, propuesta por los alemanes Schleiden y Schwann, considera a la célula como la unidad capaz de trasmitir sus características de generación en generación. Así, en el proceso de división mitótica de una célula diploide se originan dos células diploides y las células hijas son idénticas a la progenitora, además las células sexuales, que en los animales son los espermatozoides y los óvulos, permiten trasmitir características de la generación paterna a los hijos.

Por ejemplo, la *Amoeba proteus*, ameba, es un organismo unicelular eucariótico, clasificada como protozoario sarcodino. Cuando se divide, trasmite sus características a la siguiente generación, es decir, de amebas se originan de otras amebas.

La *Amoeba proteus* se caracteriza por su forma cambiante y por su movimiento ameboideo en base de los pseudópodos que también los usan para capturar su alimento.

3▸ LOS CROMOSOMAS EUCARIÓTICOS

En las células eucarióticas, el centro que controla el metabolismo es el núcleo celular y dentro de este se encuentra un material nucleoproteico, denominado cromatina, que se compone principalmente por ADN (principal molécula de la herencia) y proteínas histonas. Desde el punto de vista estructural, los fragmentos de ADN con información hereditaria son los genes y las histonas son proteínas que bloquean y protegen al ADN.

En el proceso de la división celular, la cromatina condensa y origina cuerpos conocidos como cromosomas. Durante la división, los cromosomas serán los cuerpos responsables de llevar genes de las células madres a las células hijas.

3.1. ESTRUCTURA CROMOSÓMICA

Los cromosomas son cuerpos de cromatina condensada que se forman durante la división celular, en el estadio de profase.

Los cromosomas que se forman durante la profase presentan dos cromátides que se unen en una región estrecha denominado centrómero, además los cromosomas profásicos originan cromosomas de una cromátide en la anafase.

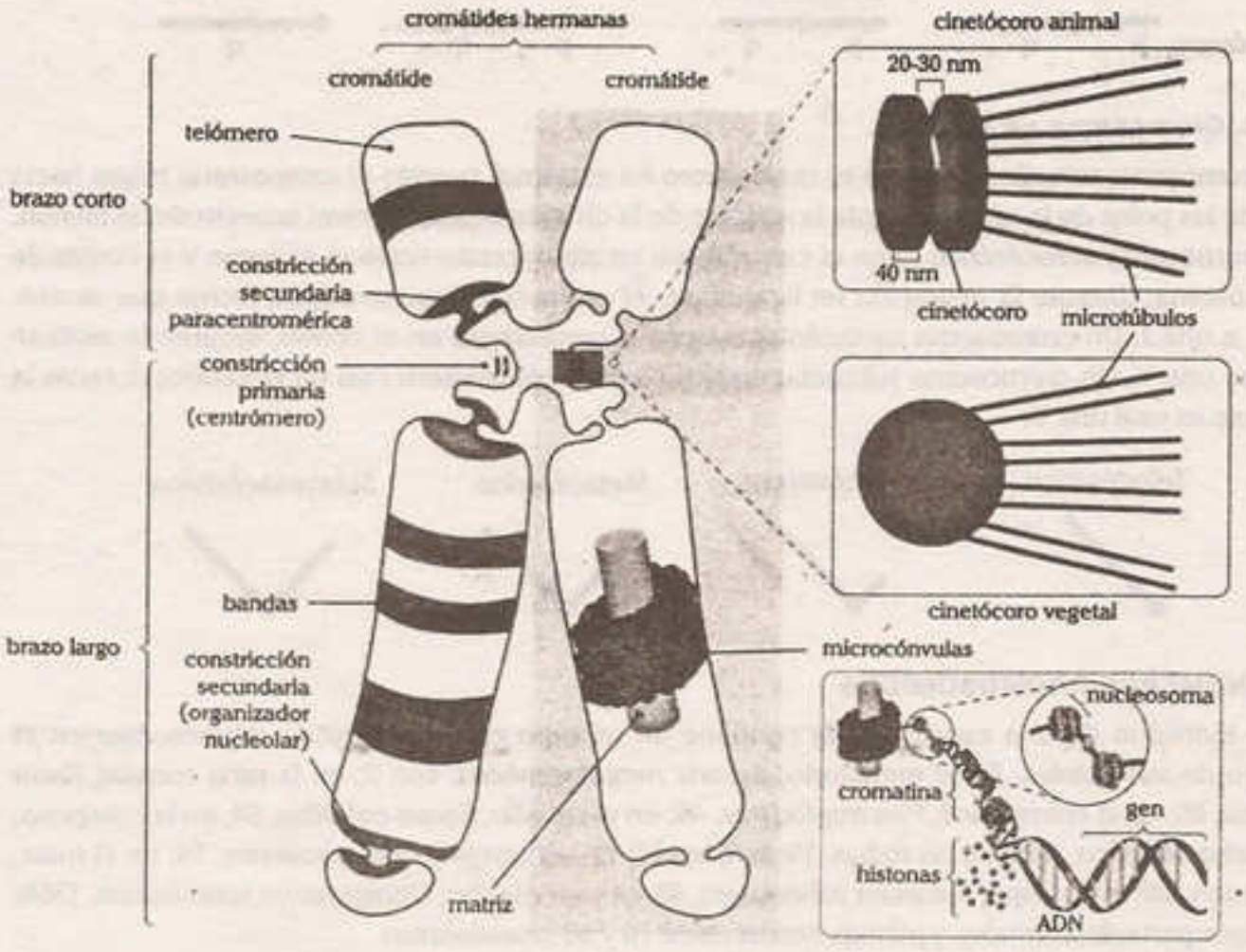
3.1.1. Cromátide

Está constituida por un filamento de cromatina condensada. Sus extremos se denominan telómeros y evitan que los cromosomas se adhieran unos con otros.

En una cromátide existen constricciones secundarias, algunas actúan como centros organizadores del nucléolo o reorganizador nucleolar (RON). En la mayor parte de la cromátide se encuentran genes en lugares conocidos como locus. El conjunto de locus de una cromátide se denomina loci.

3.1.2. Centrómero

Es la constricción primaria del cromosoma. Las estructuras más importantes de esta zona son los cinetocoros, cuerpos compuestos de tubulina. Sirven como zonas de fijación del cromosoma a las fibras del huso acromático y permiten la segregación del mismo durante la división celular.



3.2. CLASIFICACIÓN DE CROMOSOMAS

Los cromosomas que se forman durante la profase son de dos cromátides y se les llama dobles; durante la anafase, los cromosomas dobles se dividen perpendicularmente originando cromosomas simples. Estos presentan una sola cromátide.

De acuerdo con la posición del centrómero, existen cuatro tipos de cromosomas: metacéntricos, submetacéntricos, acrocéntricos y telocéntricos.

3.2.1. Cromosoma en profase

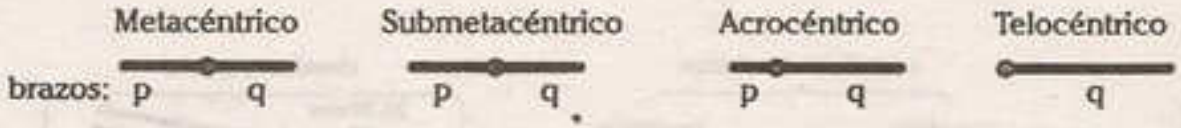
- **Metacéntricos**

  Cuando los brazos p y los brazos q son de igual longitud.
- **Submetacéntricos**

  Cuando los brazos p son de menor longitud que los brazos q.
- **Acrocéntricos**

  Cuando los brazos p son muy cortos y los q son largos.
- **Telocéntricos**

  Cuando no presentan brazos p y solo presentan brazos q. Este tipo de cromosomas no existe en el humano.



3.2.2. Cromosoma en anafase

Un cromosoma telocéntrico tiene el centrómero en extremo, cuando el cromosoma migra hacia uno de los polos de la célula durante la anafase de la división celular tiene el aspecto de un bastón. Un cromosoma acrocéntrico tiene el centrómero en algún puntó entre el extremo y el centro de cromosoma; durante la migración en la anafase, el cromosoma presenta una forma que se asemeja a una J. Un cromosoma metacéntrico tiene el centrómero en el centro, durante la anafase parece una V. Un cromosoma submetacéntrico tiene el centrómero casi en el centro; durante la anafase es casi una V.

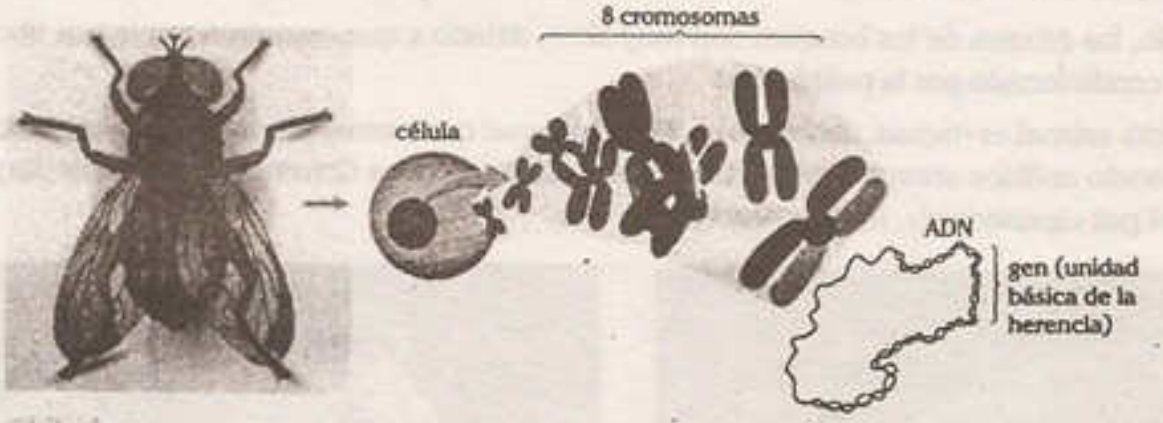
3.3. NÚMEROS CROMOSÓMICOS

Cada individuo de una especie dada contiene un número característico de cromosomas en el núcleo de sus células. En el nemátodo, *Ascaris megalocephala;* son 2; en la rana común, *Rana pipiens,* 26; en el chimpancé, *Pan troglodytes,* 48; en el caballo, *Equus caballus,* 64; en la mariposa, *Lisandra atlántica,* 446; en las habas, *Vicia faba,* 12; en las arvejas, *Pisum sativum,* 14; en el maíz, *Zea mays,* 20; en la papa, *Solanum tuberosum,* 48 y en el helecho, *Ophiglossum reticulatum,* 1360; la mayor parte de animales y plantas tienen entre 10 y 50 cromosomas.

4▸ Cariotipo

Conjunto de cromosomas que presentan las células de un individuo, es decir, la constitución cromosómica de un individuo, tomando en cuenta la forma y el tamaño de los cromosomas.

Ubicación del número cromosómico de la mosca de la fruta



En la *Drosophyla melanogaster*, mosca de la fruta, el número cromosómico es 8. El cariotipo lo constituyen estos 8 cromosomas con sus características de tamaño y estructura propios de la especie.

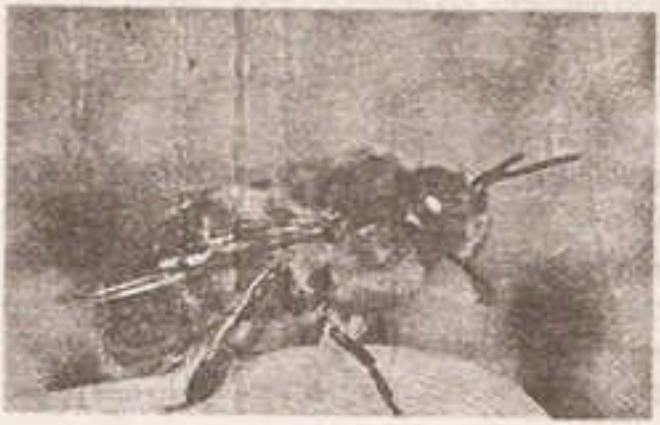
4.1. CARIOTIPO EUPLOIDE (*EU*, 'VERDADERO', *PLOIDE*, 'JUEGO')

Se denomina de esta manera cuando el número cromosómico de un individuo, así como la morfología de los cromosomas, corresponde con la especie.

Los cariotipos se pueden clasificar en haploides, diploides y poliploides.

4.1.1. Cariotipo haploide

Se refiere a la presencia de un solo juego de cromosomas. Esto se observa en muchos protozoarios, en el núcleo de las células de la mayoría de hongos, en las células de los zánganos, machos de las abejas, y en las hormigas.



zángano

hormiga

4.1.2. Cariotipo diploide

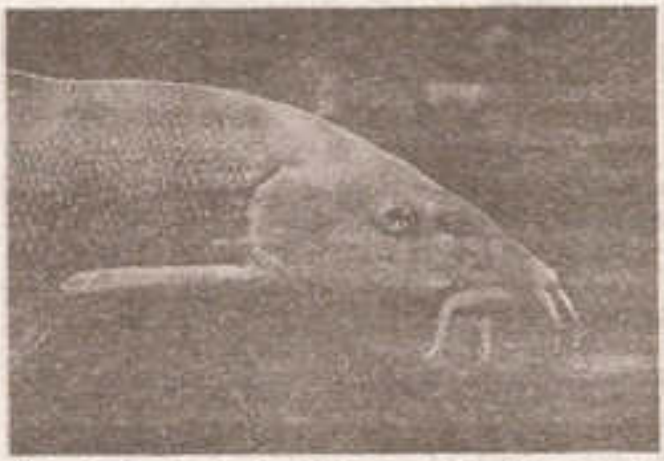
Se refiere a la presencia de dos juegos de cromosomas. Esta condición se observa en la mayoría de animales.

4.1.3. Cariotipo poliploide

Se relaciona con la presencia de tres o más juegos de cromosomas. En la poliploidía, cada cromosoma puede estar representado tres, cuatro, seis o más veces, siendo respectivamente triploide, tetraploide, hexaploide, etc. Esto es muy común en las plantas superiores, como consecuencia de la evolución por poliploidía; ello significa que el número cromosómico se ha ido incrementando paulatinamente a través del tiempo.

Por ejemplo, los árboles de los bosques son muy altos, debido a que compiten por la luz. El crecimiento es condicionado por la poliploidía.

La poliploidía animal es escasa, debido al carácter bisexual que poseen la mayoría de especies. Se han encontrado anfibios anuros de América del Sur, en los géneros *Ceratophrys* y *Odontophrynus*, así como el pez ciprinodonte, *Barbus barbus*.



El pez barbo (*Barbus barbus*) es un pez de río y alcanza la madurez sexual a los 4 o 6 años.

El escuerzo de Surinam o rana cornuda de Surinam es una especie de anfibio anuro de la familia *Ceratophryidae*.

4.2. CARIOTIPO ANEUPLOIDE (*AN*, 'SIN'; *EU*, 'VERDADERO'; *PLOIDÉ*, 'JUEGO')

Se denomina así cuando el número cromosómico de un individuo no corresponde al número normal de cromosomas de la especie sino que ha sido alterado. En algunos casos existen menos cromosomas, alteración conocida como monosomía, en otros hay más cromosomas de los que debe haber, alteración conocida como trisomía.

- **Monosomía.** Se produce por la pérdida de un cromosoma en alguno de los pares cromosómicos que presenta el individuo diploide dando lugar a un complemento cromosónico 2n-1. Por ejemplo, las yeguas con cromosomas sexuales XO o X_ no son fértiles.
- **Trisomía.** Se produce por la existencia de un cromosoma extra en un organismo diploide, en vez de haber un par homólogo de cromosomas hay un triplete dando lugar a un complemento 2n+1. Por ejemplo, la superhembra fue descubierta en las moscas de la fruta, se trata de moscas hembras que tienen tres cromosomas sexuales, es decir, XXX que las hace más voluminosas que las hembras normales que son XX.

Los efectos de las trisomías van en paralelo a los de las monosomías. La adición de un cromosoma extra da lugar a individuos algo más viables que en el caso de la pérdida de un cromosoma. La variación de los cromosomas sexuales del tipo trisomía tiene un efecto menos grave en el fenotipo que las variaciones autosómicas.

5▸ Citogenética humana

Rama de la citogenética que estudia el cariotipo humano, es decir, el número y las características de los cromosomas humanos.

5.1. CARIOTIPO HUMANO NORMAL (EUPLOIDE)

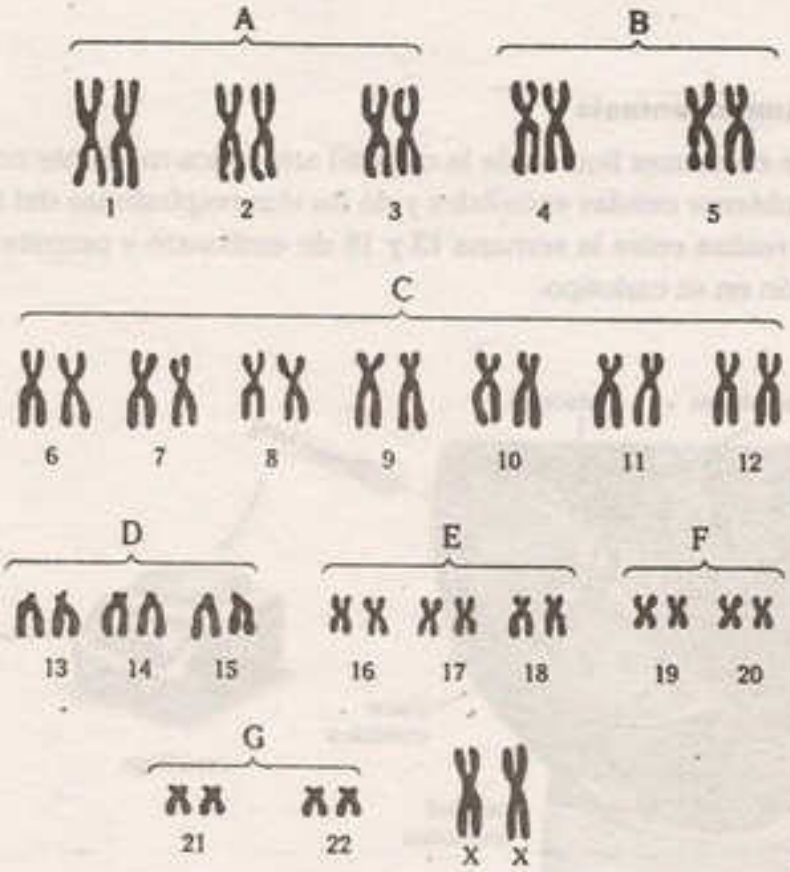
En 1956, Tijio y Levan establecieron que el número normal de cromosomas en la especie humana es 46. Anteriormente se pensaba que era 48 como en los monos.

Los 46 cromosomas humanos se distribuyen en 23 pares: 23 son de origen paterno y los otros 23 de origen materno.

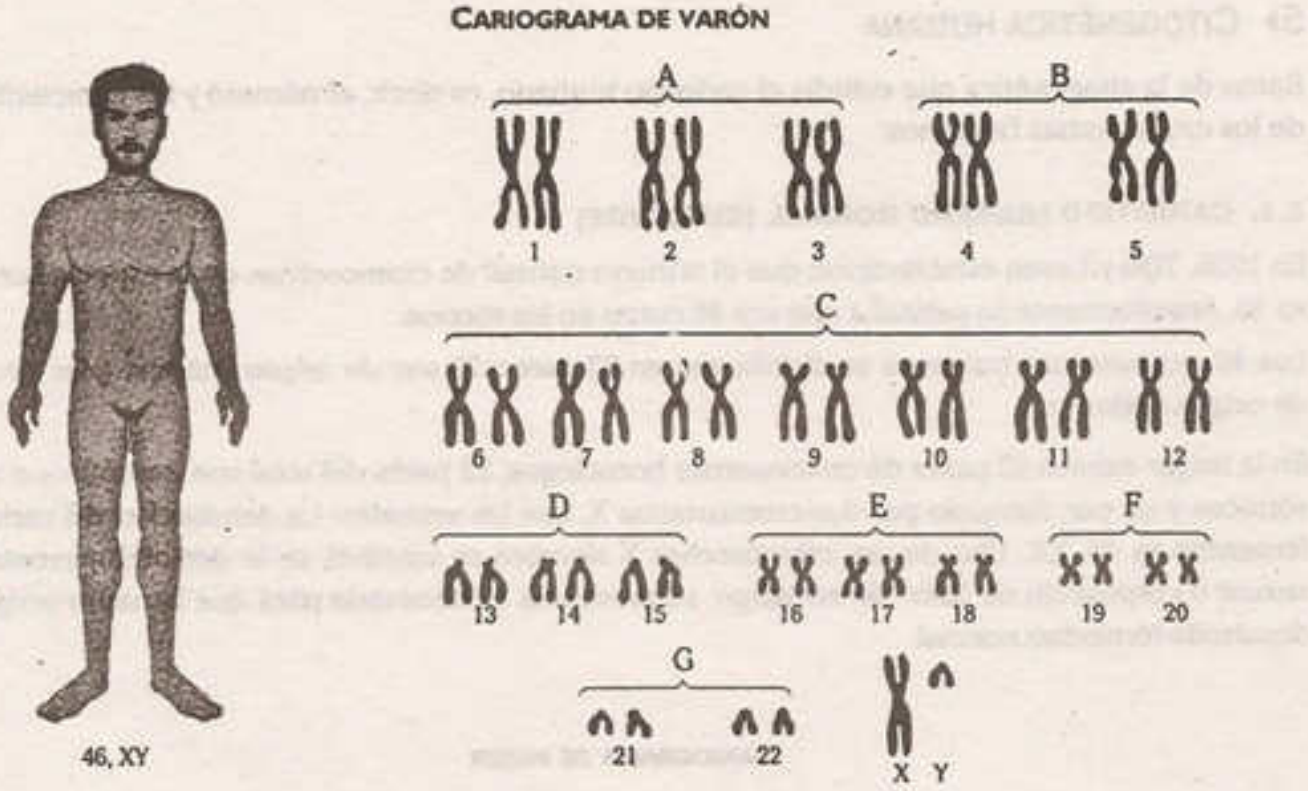
En la mujer existen 23 pares de cromosomas homólogos, 22 pares del total son somáticos o autosómicos y un par, formado por dos cromosomas X, son los sexuales. La denotación del cariotipo femenino es 46, XX. Uno de sus cromosomas X siempre es inactivo, se le denomina cromatina sexual o corpúsculo de Barr; sin embargo, su presencia es necesaria para que la mujer tenga un desarrollo femenino normal.

46, XX

Cariograma de mujer

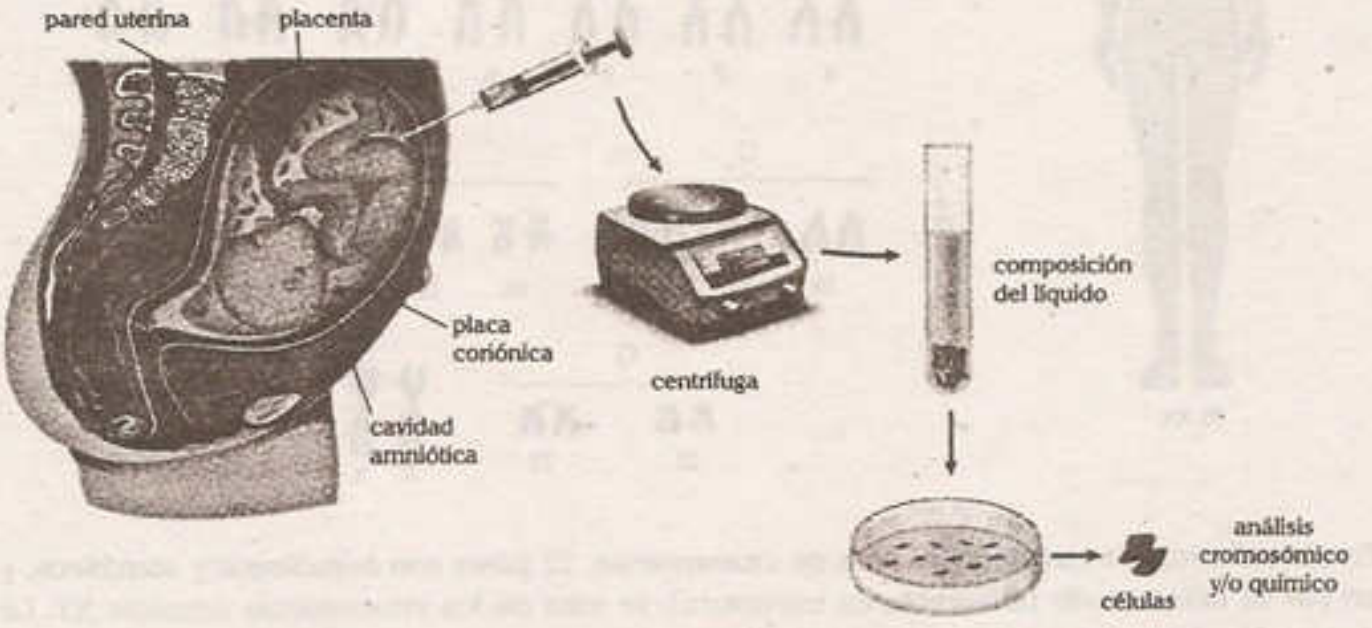


En el varón existen también 23 pares de cromosomas, 22 pares son homólogos y somáticos, y un par es heteromorfo (diferentes en estructura), se trata de los cromosomas sexuales XY. La denotación del cariotipo masculino es 46, XY.



5.1.1. Amniocentesis

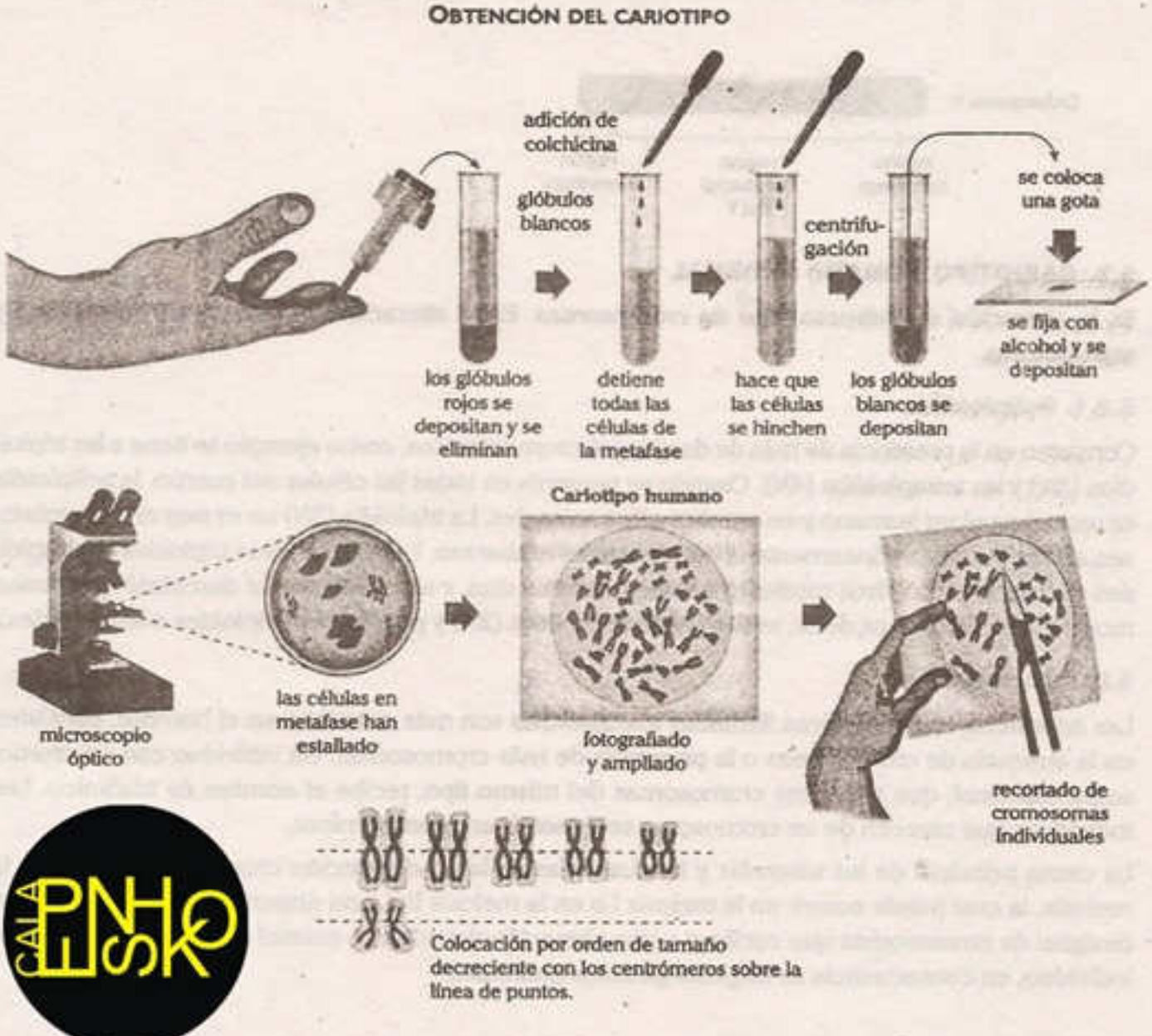
Consiste en extraer líquido de la cavidad amniótica mediante una punción con aguja, con el objetivo de obtener células epiteliales y de las vías respiratorias del feto. Luego se analiza el cariotipo. Esto se realiza entre la semana 13 y 18 de embarazo y permite saber si el hijo va a tener alguna alteración en su cariotipo.



5.1.2. Preparación de un cariotipo

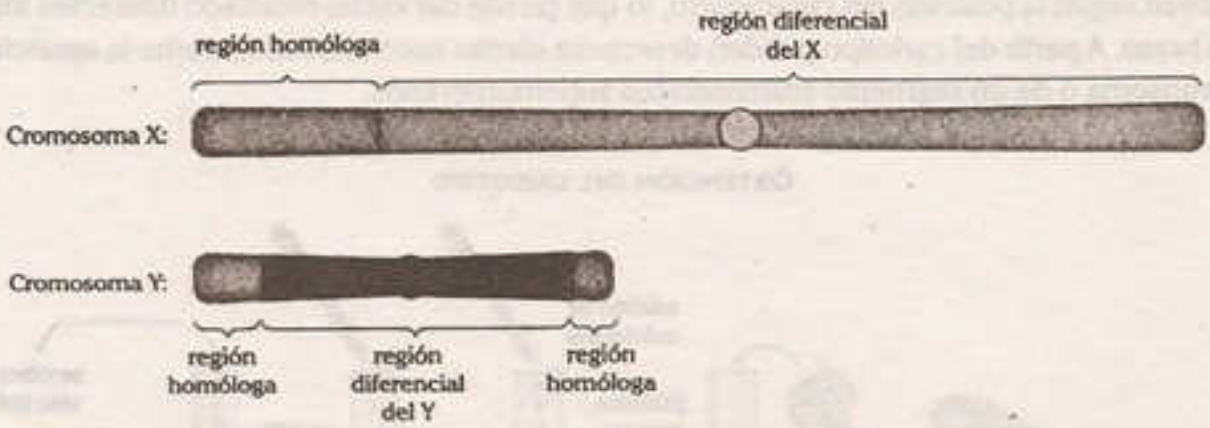
La clasificación cromosómica para identificar las anormalidades morfológicas y numéricas gruesas se lleva a cabo en centros genéticos médicos. El resultado del procedimiento es una demostración gráfica del complemento cromosómico, conocido como cariotipo. Los cromosomas que se muestran en un cariotipo son cromosomas en metafase mitótica, cada uno de los cuales consiste en dos cromátidas hermanas unidas a sus centrómeros.

Para preparar un cariotipo, el proceso de división celular se interrumpe en la metafase, añadiendo colchicina, una droga que evita los siguientes pasos de la mitosis, interfiriendo con los microtúbulos del huso. Después del tratamiento y de la tinción, los cromosomas se fotografían, se amplía la fotografía, se los recorta y ordena de acuerdo con su tamaño. Los cromosomas del mismo tamaño se aparean según la posición del centrómero, lo que puede dar como resultado diferentes longitudes de brazo. A partir del cariotipo pueden detectarse ciertas anormalidades, como la aparición de un cromosoma o de un segmento cromosómico supernumerarios.



5.1.3. Los cromosomas sexuales humanos

En la especie humana, los cromosomas sexuales son heteromorfos, es decir, de diferente forma, el cromosoma X es submetacéntrico, mientras que el cromosoma Y es acrocéntrico, además el cromosoma X es más grande que el cromosoma Y. Existe una región homóloga entre estos dos cromosomas, que normalmente permite la recombinación genética durante la meiosis masculina, pero también existen regiones diferenciales, la región diferencial del X y la región diferencial del Y. En la región diferencial del X, se encuentran genes feminizantes y los ligados al sexo, mientras que en la región diferencial del Y se encuentran los genes holándricos, donde destaca el gen SYR y los genes ligados al sexo. El gen SYR determina la diferenciación de la gónada hacia el testículo.



5.2. CARIOTIPO HUMANO ANORMAL

Es la alteración del número total de cromosomas. Estas alteraciones pueden ser poliploidías y aneuploidías.

5.2.1. Poliploidías

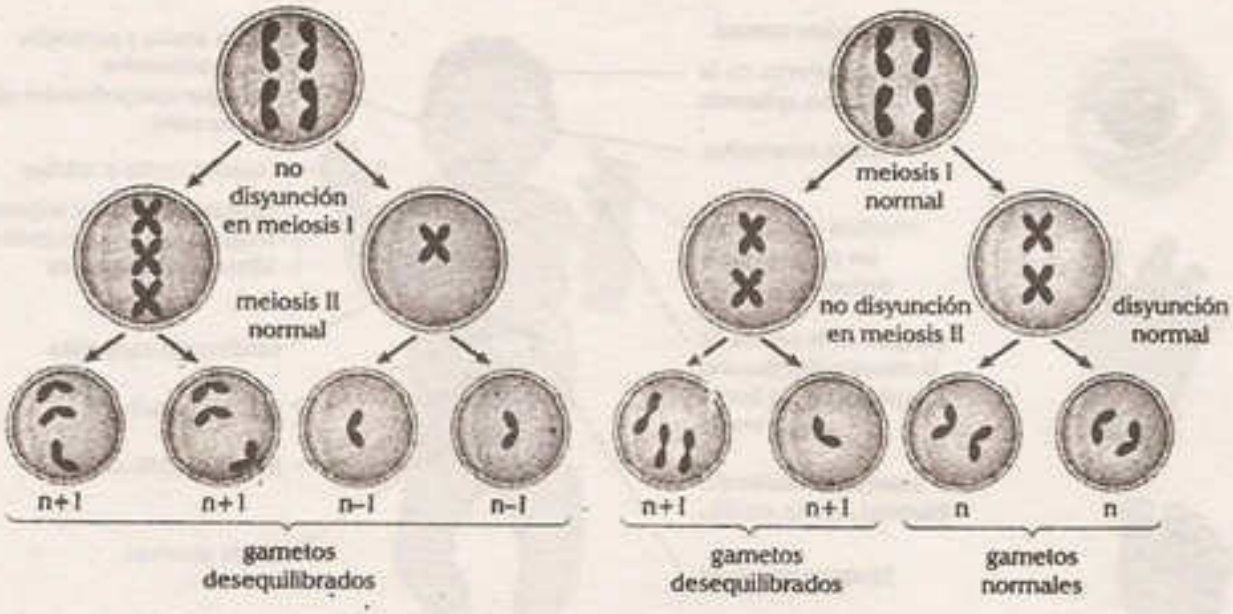
Consisten en la presencia de más de dos juegos cromosómicos, como ejemplo se tiene a las triploidías (3N) y las tetraploidías (4N). Cuando se presenta en todas las células del cuerpo, la poliploidía es mortal en el ser humano y en muchos otros animales. La triploidía (3N) no es rara en los embriones abortados espontáneamente al comienzo del embarazo. Los pocos seres triploides y tetraploides que han nacido vivos murieron en unos cuantos días, y al estudiarlos se descubrió que tenían mosaicos de células, es decir, tenían células diploides (2N) y poliploides (triploides o tetraploides).

5.2.2. Aneuploidías

Las anomalías cromosómicas llamadas aneuploidías son más comunes en el hombre, consisten en la ausencia de cromosomas o la presencia de más cromosomas. Un individuo con un cromosoma adicional, que tiene tres cromosomas del mismo tipo, recibe el nombre de trisómico. Los individuos que carecen de un cromosoma se denominan monosómicos.

La causa principal de las trisomías y monosomías es la no disyunción cromosómica durante la meiosis, la cual puede ocurrir en la meiosis I o en la meiosis II. La no disyunción es la distribución desigual de cromosomas que conlleva a una alteración del número normal de cromosomas en un individuo, en consecuencia se originan gametos anómalos.

FORMACIÓN DE GAMETOS



6▸ PRINCIPALES ANEUPLOIDIAS HUMANAS

Las aneuploidías más comunes son las monosomías y las trisomías; sin embargo, también existen otras formas.

- Monosomías (2N−1=45): un cromosoma perdido.
- Trisomías (2N+1=47): un cromosoma extra en un par cromosómico.
- Tetrasomías (2N+2=48): dos cromosomas extras en un par cromosómico.
- Nulosomías (2N−2=44): falta un par cromosómico.

6.1. ORIGEN DE LAS ANEUPLOIDIAS

Las aneuploidías pueden originarse por fenómenos tales como la sinapsis o falta de apareamiento durante la meiosis, no disyunción de los cromosomas durante la meiosis o la mitosis, o movimiento retardado de uno o más cromosomas durante la anafase. La no disyunción meiótica origina gametos N+1 y N−1. La participación de los N+1 en la fecundación puede originar cigotos trisómicos y la participación de los N−1 puede originar cigotos monosómicos. Muy pocos de los gametos masculinos N−1 son viables, pero los óvulos N−1 sí tienen cerca de un 50% de capacidad de sobrevivir en comparación con los óvulos normales.

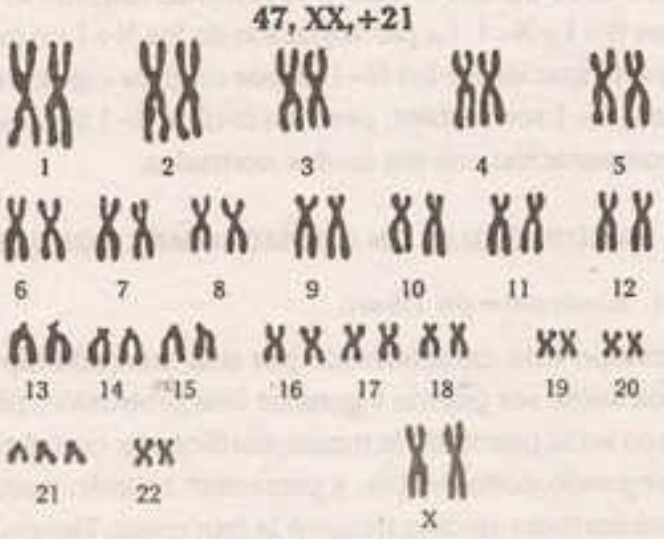
6.2. ANEUPLOIDIAS EN CROMOSOMAS SOMÁTICOS

6.2.1. Síndrome de Down

El fenotipo está caracterizado por una marcada hipotonía muscular, cara redonda y aplanada. La lengua suele ser grande y generar una protrusión, pliegues epicánticos en los párpados, pliegue simiesco en la palma de la mano, cardiopatía congénita, hernia umbilical, surco entre el dedo gordo y el segundo dedo del pie, y presentan retardo mental. Estos individuos manifiestan un desarrollo sexual normal y un alto riesgo a la leucemia. Tienen un tiempo de vida corto, solo el 8% sobrepasa los 40 años.

Fenotipo de un niño con síndrome de Down

Existen tres formas de síndrome de Down		
Tipo trisomía 21	47, XX, +21 47, XY, +21	mujer Down varón Down
Tipo translocación	46, XX, – 14+t(14q 21q) 46, XY, – 14+t(14q 21q)	mujer Down varón Down
Tipo mosaico	46, XX/47, XX, +21 46, XY/47, XY, +21	mujer Down varón Down

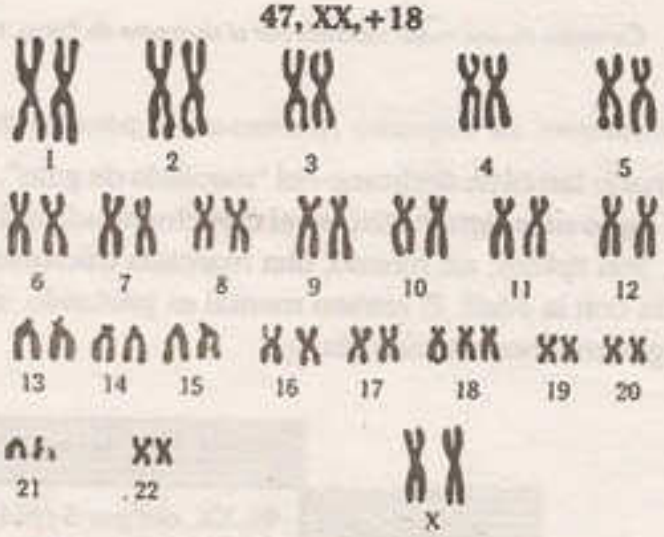


Cariotipo de una mujer Down, tipo trisomía 21

6.2.2. Síndrome de Edwards

El fenotipo está caracterizado por occipucio prominente, micrognatia, orejas de implantación baja, superposición de dedos, cuello corto, cardiopatía congénita, malformaciones renales, limitación a la abducción de la cadera y pies en mecedora (calcáneo desarrollado). Presentan retraso mental y viven poco tiempo.

Existen dos tipos de síndrome de Edwards		
Tipo trisomía 18	47, XX, +18 47, XY, +18	mujer Edwards varón Edwards
Tipo mosaico	46, XX/47, XX, +18 46, XY/47, XY, +18	mujer Edwards varón Edwards



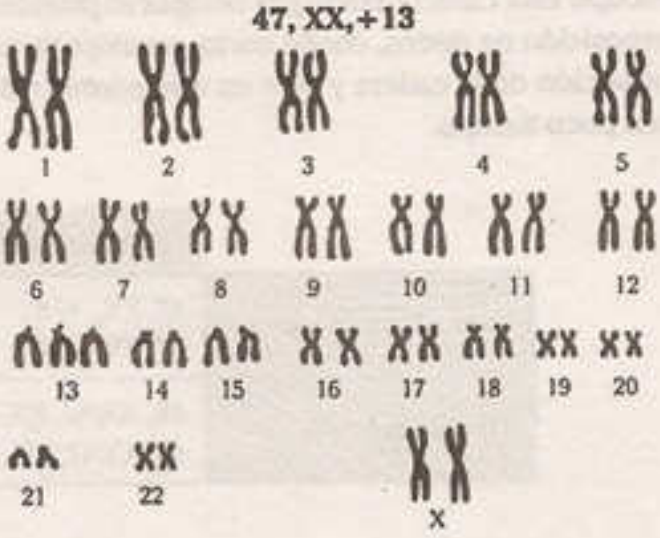
Cariotipo de una mujer con síndrome de Edwards, tipo trisomía 18

6.2.3. Síndrome de Patau

El fenotipo está caracterizado por microcefalia, microftalmia, labio leporino y paladar hendido, polidactilia, cardiopatía congénita, hernia umbilical, defectos renales y pies en mecedora. Presentan retraso mental.

Existen tres formas de síndrome de Patau		
Tipo trisomía 13	47, XX, +13 47, XY, +13	mujer Patau varón Patau
Tipo mosaico	46, XX/47, XX, +13 46, XY/47, XY, +13	mujer Patau varón Patau
Tipo translocación	46, XX, −14+t(14q 13q) 46, XY, −14+t(14q 13q)	mujer Patau varón Patau

SÍNDROME DE PATAU

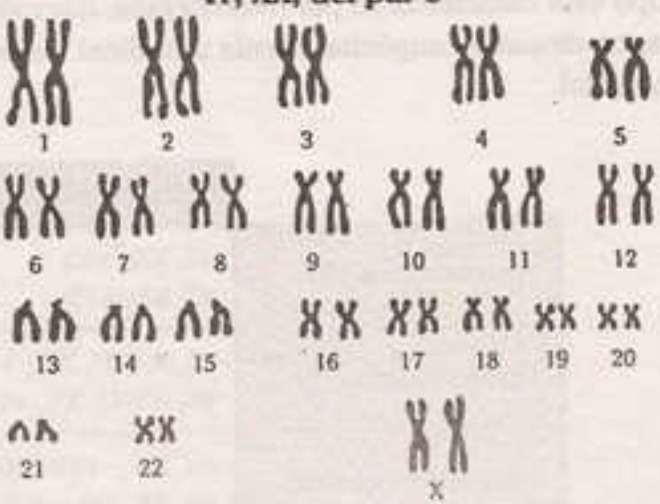


Cariotipo de una mujer afectada por el síndrome de Patau, tipo trisomía 13 que es la forma más común.

6.2.4. Síndrome de Lejeune (monosomía parcial del par 5)

Denominado también síndrome del "maullido de gato". Se debe a una deleción del brazo corto del par 5. El signo más significativo es el carácter agudo del grito del niño, que recuerda el maullido de un gato. Son típicos, así mismo, una marcada microcefalia con micrognatia e hipertelorismo que se atenúa con la edad. El retraso mental es profundo, el C.I. suele ser inferior a 20. La letalidad es baja, llegan muchos a la adultez.

	Existe una forma de síndrome de Lejeune
Cariotipos	46, XX, del par 5 (p14) mujer Lejeune 47, XY, del par 5 (p14) varón Lejeune



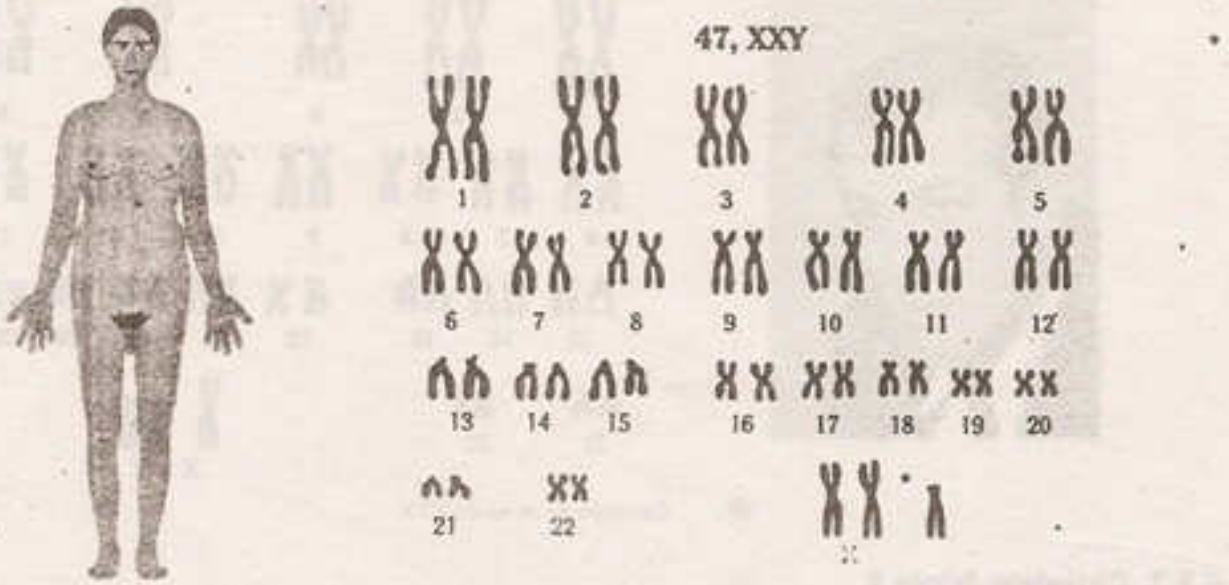
Cariotipo de una mujer afectada por síndrome de Lejeune

6.3. ANEUPLOIDÍAS EN CROMOSOMAS SEXUALES

6.3.1. Síndrome de Klinefelter

El fenotipo en estos individuos es el de varones con ginecomastia (desarrollo de mamas), atrofia testicular con azoospermia u oligospermia, esto significa que sus testículos son pequeños y producen poca o ninguna cantidad de espermatozoides, talla elevada y a veces con cierta desproporción.

Su aspecto general es feminoide, con barba escasa y caderas anchas, aunque en otros casos, por el contrario, presentan una morfología masculina normal. A veces el diagnóstico se establece con ocasión de análisis a causa de esterilidad. El cariotipo clásico es de 47, XXY. Uno de los X constituye un corpúsculo de Barr.



Cariotipo de un varón afectado por el síndrome de Klinefelter

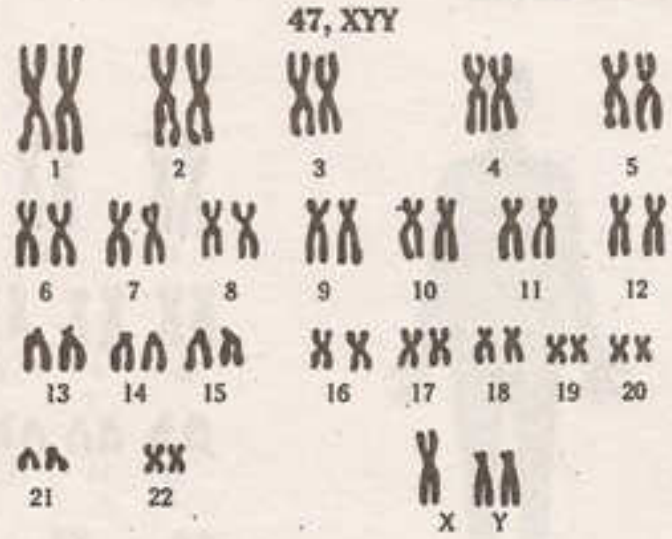
Los individuos con síndrome de Klinefelter son varones porque presentan cromosoma Y. La evidencia de que el cromosoma Y es el principal determinante del fenotipo masculino ha sido apoyada por el reciente descubrimiento del gen SRY, denominado factor determinante testicular presente en el cromosoma Y.

También existen varios tipos del síndrome de Klinefelter, donde se observan dos o más corpúsculos de Barr.

Cariotipo	Categoría de la anomalía	N.° de Barr	Observación
47, XXY	numérica	1	muy frecuente
48, XXXY	numérica (polisomía sexual con crom. Y)	2	medianamente frecuente
49, XXXXY	numérica (polisomía sexual con crom. Y)	3	poco frecuente

6.3.2. Cariotipo 47, XYY

Este cariotipo se relacionó en el pasado con individuos varones confinados en cárceles de máxima seguridad, criminales de inteligencia subnormal y se creyó que la presencia de un cromosoma Y adicional podía predisponer a una conducta normalmente agresiva por ello se le denominó "cromosoma del crimen". Actualmente se sabe que la anomalía 47, XYY es una de las más frecuentes (1,1 por cada 1000 nacimientos masculinos) y que la mayoría de los individuos portadores de ella no se distinguen de la población general, por ello no se le considera un síndrome. Una de las características fenotípicas más notables es la talla elevada, además se presenta en un 10% de varones de más de 2 metros y con acné profuso.

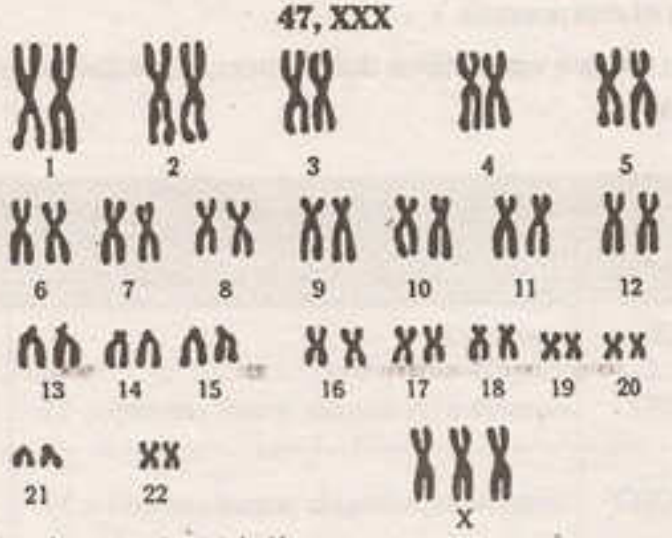


Cariotipo de un varón XYY

6.3.3. Cariotipo triple X

Se trata de mujeres generalmente normales, en otros casos puede darse poco desarrollo de las características sexuales secundarias, esterilidad y retraso mental.

Cuando se analiza el cariotipo de una mujer triple X se encuentran dos corpúsculos de Barr, que vendrían a ser dos de los cromosomas X.



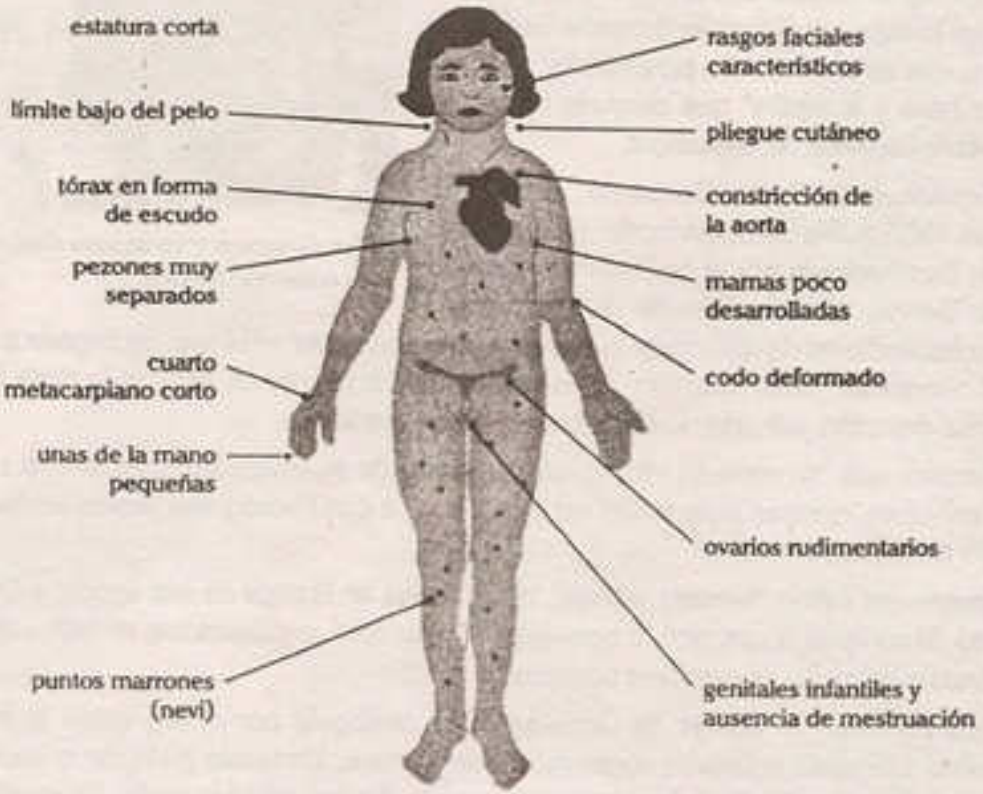
Cariotipo de una mujer triple X

6.3.4. Síndrome de Turner (monosomía del par sexual X)

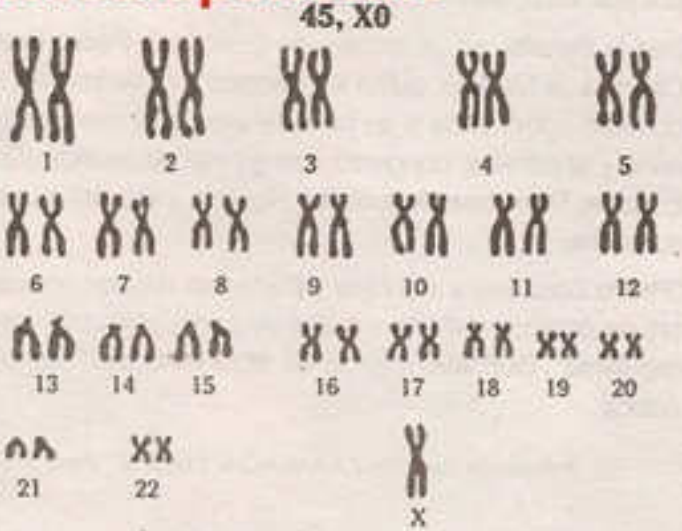
Se trata de mujeres que presentan retraso de crecimiento, es decir, baja estatura, infantilismo sexual, ovarios rudimentarios sin epitelio germinativo y en cintilla, lo que las hace estériles, amenorrea (falta de menstruación), etc.

La forma más frecuente de síndrome de Turner es la monosomía 45, XO. Esto significa que se tiene 45 cromosomas, un solo cromosoma sexual, el X, por lo que se desarrollan como mujeres. El O indica que les falta un cromosoma sexual, sin corpúsculo de Barr, por ello es que sus genitales externos e internos son infantiles, y por lo tanto, estériles.

FENOTIPO DE UNA MUJER CON SÍNDROME DE TURNER



twitter.com/calapenshko



Cariotipo de una mujer síndrome de Turner.

La hipertricosis de Pedro González, que inspiró "La bella y la bestia"

La historia que protagonizaron Pedro González y su mujer Catherine, a finales del siglo XVI y principios del XVII, era digna de permanecer en la memoria colectiva y así lo supo ver Gabrielle-Suzanne Barbot de Villeneuve, que se basó en ella para escribir el cuento de "La bella y la bestia" que después retomaría Jeanne-Marie Leprince de Beaumont.

Pedro González y su esposa Catherine, retratos de la colección Ambras.

Petrus Gonsalvus (o Pedro González), nacido en Tenerife en 1537, sufría de hipertricosis, una afección congénita caracterizada por el crecimiento excesivo de vello. Siendo aún un niño de 10 años, este guanche descendiente de mencayes fue llevado como presente a Europa. Su llegada a París suscitó una gran curiosidad. Giulo Alvarotto, enviado diplomático del rey de Italia en la corte francesa, por esas fechas describió refinadamente rasgos de Pedro González.

Zapperi explica que "su aspecto insólito, por la rareza de su vellosidad, despertó la curiosidad de algunos príncipes, quienes al no poder ver en persona a don Pedro y sus descendientes mandaron que se los retratase".

Era el ejemplo del mítico "hombre salvaje", tan en boga en Europa de esa época, y Enrique II, que se percató de su inteligencia, hizo lo posible por "civilizarlo", instruyéndole en latín y otras lenguas, e inculcándole refinadas costumbres sociales.

En la corte parisina, "el salvaje de Canarias" vivió protegido por el rey, quien lo integró en su servidumbre. González trabajaba como ayuda de cámara, formando parte de la cadena humana que llevaba la comida al rey, y debía mostrarse cuando el monarca se lo pedía. Enrique II le concedió el tratamiento de Don, por ser descendiente de un rey guanche.

Tras la muerte, en un torneo, de Enrique II, Pedro González pasó a depender de su mujer, la reina Catalina de Médicis, quien le concertó un matrimonio. Catherine, una joven parisina de gran belleza, conoció horrorizada a su peculiar pareja el mismo día de la boda, aunque cumplió la orden de la reina y al parecer, congenió con su velludo marido. Del matrimonio nacieron seis hijos (Madeleine, Enrique, Françoise, Antonietta, Horacio y Ercole), cuatro de los cuales heredaron la hipertricosis de su padre.

"Pedro González y sus hijos peludos no dejaron nunca de ser una propiedad valiosa, curiosos objetos de coleccionista de los que se podía presumir ante conocidos y amigos, y que también podían regalarse". González falleció en 1618 en Capodimonte. Tenía 80 años, algo también inusual para la época.

Adaptado de ARRIZABALAGA, Mónica. "Pedro González, el canario que inspiró *La bella y la bestia*". En <https://abc.es/>.

Preguntas resueltas

Pregunta 1

En un cunero o sala, donde se encuentran los recién nacidos antes de llevarlos a sus madres, se escucha el llanto de una niña parecido al maullido de un gato, este hecho alarma a las enfermeras creyendo que algún minino había entrado, pero cuando notaron que era un bebe, una de las enfermeras pregunta el motivo a lo que las demás le responden que se debe

A) al síndrome de Klinefelter.
B) a una anomalía cromosómica en el par 18.
C) al síndrome de Cri du chat.
D) al síndrome del Marfan.
E) a una anomalía cromosómica en el par 13.

Resolución

En este caso, el recién nacido que se encontraba en el cunero padecía de un síndrome conocido como Cri du chat. Este síndrome fue descubierto por el doctor Lejeune en 1963 y utilizó la denominación "5p-" que es usado por los genetistas para describir la pérdida de material genético del brazo corto en el cromosoma del par 5. Una característica muy común es el llanto parecido al maullido de un gato.

Clave C

Pregunta 2

Una pareja de esposos va a una clínica de reproducción asistida porque la mujer está embarazada y ambos tienen antecedentes familiares con alguna malformación, así que el médico le manda a realizar una serie de exámenes, entre ellas, el cariotipo al feto mediante la amniocentesis, el resultado del cariotipo es 47, XY+13, por lo que el médico concluye que el niño

A) nacerá con una malformación que se tendrá que corregir con la edad.
B) tendrá problemas respiratorios, pero nada de consideración.
C) lamentablemente no nacerá o vivirá poco tiempo.
D) presentará labio leporino que deberán corregirlo mediante una cirugía.
E) nacerá con el síndrome de Down.

Resolución

Al observar el resultado de la amniocentesis que se realizó la mujer, el médico identifica que se trata del síndrome de Patau, una trisomía en el par 13 y el menos frecuente en la especie humana, los afectados por dicho síndrome mueren poco tiempo después de nacer, la mayoría antes de los 3 meses. Los fetos afectados presentan anomalías múltiples que pueden ser detectadas antenatalmente por medio de la ecografía, el diagnóstico se confirma a través de la amniocentesis.

Clave C

Pregunta 3

El primer caso reportado de un hombre con cariotipo 47, XYY fue realizado en Roswell Park Memorial Institute (Buffalo, Nueva York) en 1961. Fue algo accidental por que se tomó al azar a una persona de 44 años, 1,83 m de estatura y de inteligencia promedio. El caso anterior corresponde al síndrome

A) de Patau.
B) de Edwards.
C) de Turner.
D) del super macho.
E) de Klinefelter.

Lumbreras Editores

Resolución

El síndrome XYY (47, XYY) es una trisomía consecuencia de la duplicación espontánea del cromosoma Y, por lo que solo afecta a los varones. Con gran frecuencia, esta alteración cromosómica no causa características físicas inusuales o problemas médicos. Los jóvenes y adultos con 47, XYY son regularmente varios centímetros más altos que sus padres y hermanos, además poseen las extremidades más largas en proporción a su cuerpo.

Clave D

Pregunta 4

Un docente, médico de carrera, desarrolla el tema de genética y citogenética a los estudiantes del segundo ciclo de la universidad, durante todo el desarrollo de su clase habla del cariotipo pero no lo define, así que un estudiante levanta la mano y pregunta lo siguiente: *¿En qué consiste el cariotipo?*, a lo que el profesor responde de manera simplificada que es

A) el número de cromosomas que presenta una especie.
B) el número de anomalías que se expresa en una determinada especie.
C) la cantidad de genes que presenta un individuo.
D) el número de cromátides que presenta una especie.
E) la cantidad de cromosomas que los padres aportan a los descendientes.

Resolución

Un cariotipo consiste en determinar la cantidad o número de cromosomas que se encuentran en las células de un individuo perteneciente a una especie. Para realizarlo se eligen células que se encuentran en metafase. La razón es muy simple, en esta fase los cromosomas alcanzan su grado máximo de condensación y por tanto se pueden observar mucho mejor. En los humanos, la obtención del cariotipo mediante el cariograma permite detectar alteraciones cromosómicas graves, como el síndrome de Down, en fases muy tempranas del desarrollo embrionario.

Clave A

Pregunta 5

Marta es una estudiante que está rindiendo un examen parcial que consiste en relacionar el síndrome según el cariotipo que presenta. Determine la respuesta correcta que marcó Marta en la siguiente relación.

I. 46, XY
II. 47, XYY
III. 47, XXY
IV. 45, X__

a. Klinefelter
b. Turner
c. varón
d. supermacho

A) Id, IIa, IIIb, IVc
B) Ic, IIa, IIId, IVb
C) Ic, IId, IIIa, IVb
D) Ic, IIa, IIId, IVb
E) Id, IIa, IIIc, IVb

Resolución

Los cariotipos determinan el número de cromosomas que presenta un individuo perteneciente a una especie, donde el número representa la cantidad de cromosomas y las letras XX corresponden al sexo femenino y XY al masculino. El cariotipo normal de un varón es 46, XY; y el de la mujer es 46, XX. Si hay alguna alteración en estos cromosomas que corresponden al par 23, entonces se representan en los varones como 47, XXY (Klinefelter); 47, XYY (supermacho) y en las mujeres: 45, X__.

Clave C

Lumbreras Editores

Pregunta 6

En un examen de cariotipo o cariograma realizado a un niño, el médico genetista diagnostica el síndrome ..... cuyo cariotipo es XYY, a pesar que no se aprecia características comunes de este síndrome, el cariograma es determinante para afirmar esta anomalía cromosómica.

A) de Down
B) de Klinefelter
C) del supermacho
D) de Patau
E) de Edwards

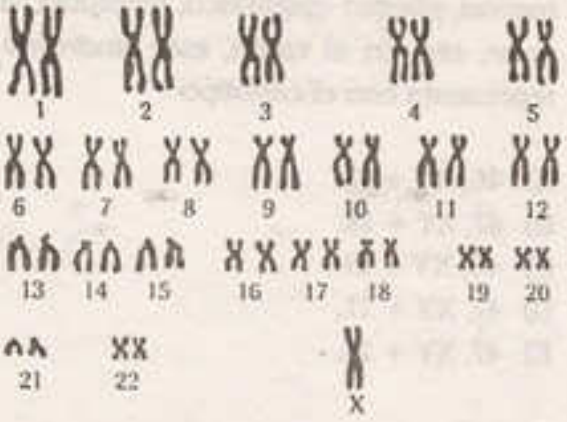
Resolución

En la mayoría de los casos el síndrome XYY, denominado supermacho, no causa características físicas inusuales o problemas médicos específicos. De hecho muchas personas ni siquiera saben que lo padecen. Aún así, se ha asociado con una alta estatura y problemas en el aprendizaje. Su inteligencia es normal, aunque pueden tener un cociente intelectual ligeramente inferior al de otros miembros de su familia.

Clave C

Pregunta 7

En el siguiente cariograma se puede identificar una anomalía cromosómica. Indique el síndrome a la que haría referencia este examen.



A) síndrome de Klinefelter
B) síndrome de Turner
C) síndrome de Down
D) síndrome de Patau
E) síndrome de la metahembra

Resolución

El cariograma muestra a los cromosomas en pares, excepto el último par que corresponde al 23, así que este cariograma se representaría como 45, X__ o 45, X0, denominado síndrome de Turner, una anomalía que solo se produce en la mujer, asociada a una pérdida parcial o completa de uno de los dos cromosomas X.

Clave B

Pregunta 8

Los niños con síndrome de "maullido de gato" suelen tener bajo peso al nacer, llanto agudo parecido al maullido de un gato e inclusive este hecho es el que suele servir para diagnosticarlo. Este llanto tan agudo lo causa una hipopastia en la laringe que con la edad se corrige. Indique cuál es la causa genética y con qué otro nombre se le conoce, respectivamente.

A) trisomía en el par 18 y síndrome de Patau
B) monosomía en el par sexual y síndrome de Turner
C) delección en el par 5 y síndrome de cri du chat
D) monosomía en el par 23 y síndrome de Lejeune
E) trisomía en el par 13 y síndrome de Patau

Resolución

El síndrome de Cri du chat, Lejeune o "maullido de gato" es un síndrome poco frecuente causado por una delección autosómica parcial del brazo corto del cromosoma 5. Se caracteriza por, anomalías congénitas múltiples, discapacidad intelectual, microcefalia, etc.

Clave C

Lumbreras Editores

Preguntas propuestas

1. La anomalía cromosómica que implica la pérdida o la ganancia de uno o varios cromosomas completos se denomina

A) poliploidía.
B) euploidía.
C) delección.
D) duplicación.
E) aneuploidía.

2. Señale en cuál de las siguientes alternativas hay ejemplos de alteraciones en los cromosomas sexuales.

A) síndrome de Edwards, de Cri du chat y de Klinefelter
B) síndrome de Patau, de Edwards y de Turner
C) síndrome de Turner, de Edwards y de Klinefelter
D) síndrome de Patau, de Lejeune y de Edwards
E) síndrome de Turner, de Klinefelter y de metahembra

3. Señale las características que presentan las personas con síndrome de Klinefelter.

I. tórax en escudo
II. desarrollo mamario
III. labio leporino
IV. atrofia testicular

A) solo I
B) II y IV
C) I, II y IV
D) II, III y IV
E) I, II, III y IV

4. Una mujer va con su pequeña hija a un centro médico para saber qué problema de salud tiene su hija, ya que sabe que nació con bajo peso, además presenta microcefalia. Cuando el médico la evalúa, le manda a realizar una prueba genética en la que sale como resultado delección en el par 5. Indique el síndrome que presenta la hija de la mujer.

A) Klinefelter
B) Lejeune
C) Down
D) Turner
E) Edwards

5. El corpúsculo de Barr es un cromosoma X inactivo. ¿En cuál de las siguientes personas no se observaría dicho corpúsculo?

A) mujer XX
B) varón Klinefelter
C) mujer Turner
D) metahembra
E) mujer triple X

6. Una de las anomalías cromosómicas es el síndrome de Down que afecta tanto al varón como a la mujer y se caracteriza por presentar aspectos clínicos de retraso mental, pliegue epicántico, hipotonía muscular, etc. En el varón, este síndrome se representa con el cariotipo

A) 46, XY + 18.
B) 47, XY + 18.
C) 46, XY + 21.
D) 47, XY + 21.
E) 47, XY + 13.

Lumbreras Editores

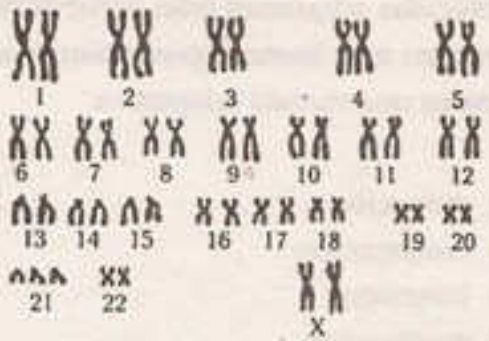
7. Las personas que padecen el síndrome de Down sufren una alteración del número de cromosomas, lo cual significa que tienen

A) 44 autosomas más dos cromosomas sexuales.
B) 45 autosomas más dos cromosomas sexuales.
C) 22 autosomas más XY o XX, según sean hombres o mujeres, respectivamente.
D) 23 autosomas más tres cromosomas sexuales.
E) 44 autosomas más tres cromosomas sexuales.

8. Una mujer embarazada quiere saber si su hijo va a nacer sin ningún problema, ya que ella tiene antecedentes familiares de problemas congénitos, así que le realizan el cariotipo mediante amniocentesis cuyo resultado es 47, XY +21. Esto quiere decir que

A) tendrá un niño con el síndrome de Patau.
B) su niño nacerá sin ningún problema.
C) tendrá una niña con síndrome de Down.
D) su niño tendrá el síndrome de Klinefelter.
E) su niño tendrá el síndrome de Down.

9. Un médico genetista observa el cariograma de una persona, tal como se muestra en el gráfico, y determina que se trata del síndrome de ..... cuyo cariotipo es ....., ya que afecta al par 21 como se señala en el gráfico.



A) Klinefelter - 47, XXY
B) Turner - 45, XO
C) Down - 47, XX + 21
D) Patau - 47, XX + 13
E) la metahembra - 47, XXX

10. Una pareja de esposos va a un centro de reproducción asistida porque no pueden tener hijos, así que reciben la consulta con el médico especialista, quien indica una serie de exámenes en el que se incluye el cariotipo del varón, cuyo resultado es 47, XXY, lo cual es contundente para que el médico diagnostique

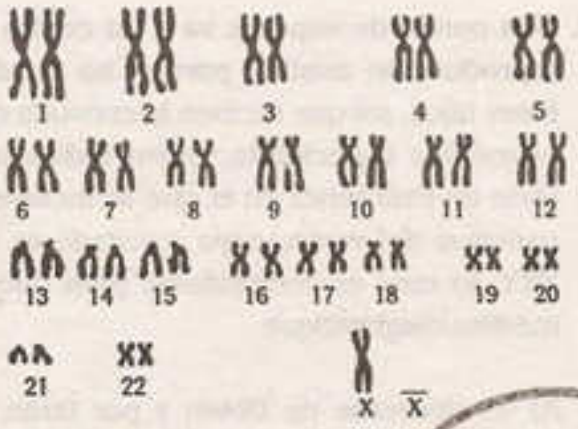
A) el síndrome de Down y por tanto, la causa por la que no pueden tener hijos.
B) la esterilidad del varón, ya que presenta el síndrome de Turner.
C) que la esterilidad no provenga del varón sino de la esposa.
D) el síndrome del supermacho, causa para la esterilidad de la pareja.
E) el síndrome de Klinefelter y por lo tanto, la esterilidad del varón.

11. El síndrome de Klinefelter se caracteriza por que los varones desarrollan sus mamas, sus testículos se atrofian, sus caderas se ensanchan y presentan un aspecto feminoide, se sabe que no es hereditario, sino que aparece como resultado de una mutación genética aleatoria y se produce después de la concepción. Es un trastorno genético en el que un varón nace con una copia adicional del cromosoma X y su cariotipo es

A) 47, XX + 23.
B) 47, XY +18.
C) 47, XXY.
D) 47, XYY.
E) 47, XY + 13.

Lumbreras Editores

12. La citogenética humana se encarga del estudio del cariotipo de las personas. Dado el siguiente cariograma, ¿cuál podría ser un rasgo del fenotipo de la persona que se encuentra en la etapa de la pubertad?



A) labio leporino
B) ginecomastia
C) lengua en protuncion
D) estatura elevada
E) ausencia de menstruación

13. Un humano varón que presenta un corpúsculo de Barr y una mujer sin corpúsculo de Barr, respectivamente padecen de los síndromes

A) Turner y Klinefelter.
B) cri du chat y Lejeune.
C) Down y Martin Bell.
D) Metahembra y Edwards.
E) Klinefelter y Turner.

14. Las mutaciones son cambios en el material genético, que muchas veces causan problemas a los individuos portadores como retraso mental o malformaciones. Este conjunto de signos y síntomas de una enfermedad se conoce como

A) aneuploidías.
B) poliploidías.
C) trisomías.
D) síndromes.
E) nulosomías.

15. El síndrome de ..... se caracteriza por la ruptura del cromosoma 5. Las personas afectadas presentan microcefalia, paladar hendido, orejas bajas y cara de luna.

A) maullido del gato
B) Down
C) Williams
D) Klinefelter
E) Patau

16. La delección es una mutación que consiste en una pérdida de genes por ruptura de los cromosomas. Así, por ejemplo, en el síndrome de ..... existe una pérdida de una parte del cromosoma 5.

A) Down
B) Turner
C) Klinefelter
D) la mala absorción
E) cri du chat

17. La ..... es un conjunto de mutaciones en las cuales se incrementa la cantidad de genes, lo cual contribuye a que las moléculas adquieran gran variabilidad, así tenemos a las hemoglobinas humanas que poseen una ventaja adaptativa.

A) delección
B) conjugación
C) inversión
D) duplicación
E) transducción

Lumbreras Editores

CAPÍTULO XV

BIOTECNOLOGÍA E INGENIERÍA GENÉTICA

Objetivos

- Comprender el concepto de la biotecnología y describir los diversos mecanismos en que consiste la recombinación del ADN.
- Explicar y comprender las diversas técnicas en biotecnología como la hibridación, la transgenia, la terapia génica, la clonación, la reacción en cadena de la polimerasa, la tecnología CRISPR/Cas9, etc.
- Reflexionar sobre el presente y el futuro de la biotecnología.

Introducción

Desde el inicio de la humanidad, el hombre ha hecho uso de la genética para satisfacer sus necesidades, es así que el entendimiento de las regularidades en el ciclo biológico de los seres vivos permitió el uso de plantas y animales para lograr mejoras de las materias primas y productos terminados. Así pues, la biotecnología de los alimentos es el origen de la biotecnología que hoy conocemos.

Los avances en las áreas de la biología molecular, la genética, el metabolismo bacteriano y el desarrollo de técnicas de ingeniería genética han contribuido al desarrollo de la biotecnología moderna.

En los últimos años, con la invención de las técnicas de ADN recombinante, la biotecnología ha alcanzado un acelerado desarrollo, lo que ha permitido su aplicación en diversas áreas de la medicina y en la agricultura, al crear nuevos productos con mayor resistencia y valores nutricionales; asimismo, se ha podido brindar soluciones frente a enfermedades genéticas que antes eran de difícil diagnóstico y curación. Sin embargo, a nivel mundial, aún existen diversas controversias sobre quién domina estos conocimientos y cómo se aplican a la solución de los problemas que afectan a la humanidad, tales como la hambruna, y la erradicación de diversas enfemedades que afectan a los más pobres o a los que no puedan pagar por esta tecnología.

Por lo tanto, es importante comprender el significado que tiene hoy en día la biotecnología, así como reflexionar sobre su impacto en la vida de los seres humanos y la posibilidad que sus avances contribuyan al desarrollo de la humanidad.

1▸ Definición

A raíz del desarrollo de la humanidad y los avances tecnológicos, debemos preguntarnos: ¿qué es la biotecnología?, ¿para qué sirve?, y si es que todo este avance de la biotecnología logrará alimentar a los hambrientos, curar las enfermedades; en definitiva, contribuir a mejorar la humanidad.

Para la FAO/OMS, la biotecnología se define como "la interacción de las ciencias naturales y las ciencias de ingeniería para lograr la aplicación de organismos, células y partes de los mismos, y análogos moleculares, para obtener productos y se vicios". Por lo tanto, desde esta perspectiva, la biotecnología es el desarrollo de cualquier aplica ión tecnológica que utiliza diversos sistemas biológicos (organismos pluricelulares o unicelulares, organismos vivos o muertos) o sus derivados para elaborar o modificar productos o procesos con fines específicos.

En el 2018, una noticia que remeció el mercado biotecnológico fue la aprobación, por parte del Congreso norteamericano, de la compra de Monsanto, empresa estadounidense agrícola especializada en la producción de transgénicos, pesticidas y semillas, por parte de la gigante farmacéutica Bayer. Muchos críticos advierten el peligro de esta fusión entre la industria de semillas y pesticidas, ya que significa la consolidación de oligopolios que perjudicarían la alimentación mundial.

2▸ Breve historia de la biotecnología

6000-4000 a.n.e	Se elabora y conserva alimentos y bebidas por medio de la fermentación (pan, queso, cerveza, vino y vinagre); cultivo de plantas como papa, maíz, cebada, trigo, etc. y la domesticación de animales.
1000 a.n.e	Los babilonios celebran, con ritos religiosos, la polinización artificial de las palmeras. La polinización es el paso de granos de polen de la antera de una flor al estigma de otra flor. Se le denomina artificial porque participa el hombre.
323 a.n.e	Aristóteles, considerado el padre de la biología, especula sobre la naturaleza de la reproducción y la herencia.
1863-1886	Louis Pasteur inventa el proceso de la pasteurización, medio por el cual se conserva alimentos (1863). Se desarrolla la teoría de la generación espontánea (1864), y se identifica a la levadura, hongos unicelulares, como el agente responsable de la fermentación alcohólica (1876). Koch inicia el desarrollo de técnicas fundamentales para el estudio de los microorganismos (1876) y enuncia cuatro postulados sobre los agentes infecciosos como causa de las enfermedades. En 1865, Mendel presenta su trabajo *Experimentos de hibridación en plantas*, en el que experimenta con las arvejas y plantea el principio de la uniformidad, la ley de la segregación y la ley de la segregación independiente.
1871	Se aísla el ADN del núcleo de una célula. El ADN es la molécula que almacena la información hereditaria en los seres vivos, consigue que una célula produzca una sustancia específica.
1887	Se descubre que las células reproductivas constituyen un linaje continuo, diferente de las otras células del cuerpo.

1890	Primeros nacimientos por traslado de embriones en el conejo, esto sienta la base para la técnica de madre sustituta que años más tarde será parte de la clonación.
1897	E. Buchwer descubre las enzimas de las levaduras que participan en la fermentación alcohólica.
1919	Un ingeniero agrónomo, llamado Ereky, utiliza por primera vez el término biotecnología.
1928	Fleming descubre la penicilina, compuesto producido por el hongo *Penicilium notatum*. Resulta ser así el primer antibiótico.
1944	Se produce penicilina, industrialmente, para combatir enfermedades infecciosas.
1949	Primera congelación de semen de toro, esta técnica fue utilizada en el mejoramiento de razas, ya que, el semen es fácil de transportar a diferentes lugares del mundo y cruzarlo.
1952	Nace el primer ternero procedente de inseminación artificial. La inseminación es el paso del semen de un macho a una hembra. Se realiza la primera clonación de células embrionarias en las ranas, en la cual un embrión se separa de manera manual, consiguiendo dos o más embriones. Se obtienen las primeras plantas regeneradas *in vitro*, cuyo significado es 'en vidrio', esto es, en un tubo de ensayo en condiciones controladas.
1953	James Watson y Francis Crick plantean el modelo de la molécula del ADN llamado doble hélice que explica la replicación del ADN y el flujo de información génica. Se procede con la primera inseminación artificial, esto permite solucionar algunos problemas en parejas con baja fertilidad.
1954	Se efectúa la primera fecundación *in vitro* en el conejo. La fecundación es el proceso de unión del espermatozoide con el óvulo.
1955	Severo Ochoa consigue aislar una enzima que era capaz de unir ribonucleotidos y formar las cadenas de ARN, la cual denominó polinucleótido fosforilasa de ARN, con este logro fue sentando las bases del desciframiento del código genético.
1961	Se descubre el código genético.
1962	Se realiza la primera clonación a partir de células diferenciadas en anfibios, este proceso consigue gran eficiencia. Haldane acuña el término *clon*, el cual es un organismo genéticamente igual a otro. Los gemelos univitelinos, que provienen de una fecundación, son un caso de clonación natural.
1967	Se aísla la ADN ligasa, enzima que participa en la duplicación del ADN uniendo los fragmentos de Okasaki (ADN cortos). Se realiza el primer trasplante de corazón en Sudáfrica, la persona muere a los 18 días del trasplante.
1969	James Shapiero y Johathan Beckwith aíslan el primer gen. Un gen es un segmento de ADN con información para formar un péptido.

1970	Howard Rewmis y David Baltimore aíslan la transcriptasa inversa, una enzima que participa en la síntesis de ADN a partir de ARN.
1971	Se descubren las enzimas de restricción y que una bacteria programada, la *Escherichia coli*, produzca insulina humana.
1972	Primer ratón nacido de un embrión congelado. El congelamiento de embriones permite mantener tejidos vivos por mucho tiempo, lo que facilita diferentes estudios.
1973	Después de desarrollar técnicas de cor.e y ligación del ADN, los científicos Cohen y Boyer transfieren un gen de una especie a otra.
1977	Genentech, la primera empresa biotecnológica fundada un año antes por Boyer y Swanson, obtiene la proteína somatropina (hormona de crecimiento) mediante la tecnología de ADN recombinante.
1978	Se identifica el primer gen humano. Nace el primer bebé probeta en Inglaterra.
1979	Se obtienen los primeros corderos mellizos por escisión de embriones.
1980	Se aprueba el principio de patentes para las formas de vida de origen recombinante. Las primeras patentes son de Chakrabarty para un microorganismo para biorremediación de petróleo, y de Cohen y Boyer por el proceso de 1973. Mullis inventa la técnica de reacción en cadena de la polimerasa (PCR), cuya patente será obtenida por Cetus en 1985 y vendida en 1991 a Hoffman-La Roche por 300 millones de dólares.
1981	Se consigue el primer ratón transgénico, es decir, con un gen de otra especie.Se obtienen las primeras células vegetales (callos) modificadas genéticamente.
1982	Se obtiene el primer ratón gigante con hormona del crecimiento de rata, el que fue llamado superratón. Primer nacimiento por fecundación *in vitro* en la vaca. Se inicia la comercialización de la insulina humana de origen recombinante de Genentech.
1983	Se logran las primeras plantas por ingeniería genética, plantas transgénicas (tabaco y petunia). Se aísla el virus de la inmunodeficiencia humana (VIH) en el Instituto Pasteur (Francia) y en el Instituto Nacional de Salud (NIH, EE.UU.).
1984	Se da el primer nacimiento humano a partir de un embrión congelado. Jeffrey introduce la técnica *fingerprint* (huella genética), que un año después sería utilizada por los tribunales para la identificación de sospechosos. La empresa biotecnológica Chiron clona y secuencia el genoma del virus VIH.
1986	Se consiguen los primeros clones de mamíferos a partir de células embrionarias. Se aprueba la primera vacuna biotecnológica de uso humano, llamada Recombivax-HB, para combatir la hepatitis B.

1987	Se obtienen las primeras estirpes de ratones "humanizados", es decir, con genes humanos. Se produce la primera planta transgénica resistente a un herbicida. La empresa biotecnológica Advanced Genetic Sciences lidera el campo de bacterias recombinantes que inhiben la formación de hielo en cultivos de frutilla, en California. La Administración de Medicamentos y Alimentos (FDA) autoriza el factor activador del plasminógeno obtenido por ingeniería genética, para el tratamiento de los infartos cardiacos.
1988	Se obtiene el primer cereal transgénico: el maíz. Es patentado un ratón transgénico, desarrollado especialmente por la Universidad de Harvard para el estudio del cáncer.
1989-1990	Se inicia el Proyecto Genoma Humano, con la creación del Centro Nacional de Investigación del Genoma Humano.
1991	Se identifica por primera vez al gen SRY como el de la masculinidad en el cromosoma Y, de ratones.
1993	Se autoriza el empleo de la hormona de crecimiento bovina rBGH/rBST de la empresa en productos transgénicos, Monsanto, para aumentar la producción de leche.
1996	Es completada la secuenciación del primer genoma de un organismo eucarionte, la levadura *Saccharomyces cerevisiae*. Se desarrolla el primer GeneChip (Stanford, Affymetrix).
1997	En el Instituto Roslin de Gran Bretaña nace Dolly, una oveja clonada, y más tarde una segunda oveja, Polly, clonada y genéticamente modificada.
1998	Se emplean células madre embrionarias para regenerar tejidos. Se secuencia el primer genoma animal, el del gusano *Caenorhabditis elegans*. Nace Cumulina, el primer ratón transgénico, por tener genes de otra especie.
1999	Se completa la secuencia del primer cromosoma humano.
2000-2001	Collins del Consorcio del Genoma Humano y Venter de Celera anuncian simultáneamente la obtención del borrador del genoma humano. Se publica simultáneamente el mapa del genoma humano en dos de las revistas científicas más importantes del mundo, *Nature* y *Science*.
2006	Un grupo de investigadores liderado por S. Yamanaka consigue inducir la pluripotencialidad celular (iPS).
2011	Se clonan los primeros embriones humanos triploides. A diferencia de la clonación convencional, en este caso, el núcleo de la célula somática se implantó sin retirar el del óvulo.

3▸ Desarrollo de biotecnología

En la biotecnología se incluyen diversas actividades que acompañan al ser humano desde el inicio de la humanidad, de modo que su desarrollo ha transitado por cuatro etapas.

3.1. Biotecnología ancestral

Denominada también tradicional o pre-Pasteur, corresponde a la utilización de técnicas tradicionales. Sus principales productos fueron alimentos tales como el pan, el vinagre, el yogur, las leches agrias y los quesos; saborizantes como el sillao, los sazonadores y alimentos fermentados tradicionales. Además, en esta etapa se inician las prácticas empíricas de selección de plantas y animales, y sus cruces.

3.2. Biotecnología de primera generación

Corresponde a la biotecnología de la era de los antibióticos, esta comienza con la identificación, por Pasteur, de los microorganismos como agentes causales de la fermentación, y los aportes de Büchner sobre la capacidad de las enzimas, extraídas de las levaduras, de transformar azúcares en alcohol. No obstante, hay un mayor conocimiento científico de los microorganismos para su utilización en la industria alimentaria y la elaboración de productos como las levaduras, el ácido cítrico, la acetona, el butanol, etc. Las diversas aplicaciones industriales se mantuvieron aún artesanales, exceptuando la industria farmacéutica de los antibióticos.

3.3. Biotecnología de segunda generación

Un hito importante durante esta etapa fue la producción industrial del antibiótico conocido con el nombre de la penicilina (1944), este proceso se utilizó por primera vez a gran escala en los fermentadores bioreactores, que sentó las bases de la industria biotecnológica.

3.4. Biotecnología de tercera generación o moderna

Esta biotecnología modema tiene como base el conocimiento científico de las proteínas y los ácidos nucleicos y como antecedente el descubrimiento de la doble hélice del ácido desoxirribonucleico (ADN) por Watson y Crick en 1953, desde ese momento se ha producido un conjunto de avances científicos como los siguientes:

- Se descifra el código genético.
- Se descubre las enzimas de restricción.
- Se da la descripción de los procesos bioquímicos y la maquinaria celular relacionada con la replicación del ADN y la síntesis de proteínas.
- Se logra la síntesis química de un gen.
- Se descubre la reacción enzimática de la transcriptasa inversa.

De la consolidación de estos avances se inicia la nueva tecnología del ADN recombinante, un componente fundamental de la ingeniería genética, la cual, por medio de sus diversas aplicaciones en el campo de la agricultura, ganadería y práctica médica tienen la potencialidad de contribuir al bienestar de las personas y el progreso de la humanidad. En conclusión, una red compleja de conocimientos de la ciencia y la tecnología que se complementan e interaccionan entre sí.

4▸ IMPACTO DE LA BIOTECNOLOGÍA

Los avances de la biotecnología pueden tener un impacto en la industria alimentaria y en la salud de la población en la medida que contribuyen a desarrollar formas más eficientes de producción de alimentos o de aplicación en la salud humana. Veamos el siguiente cuadro (Muñoz, 2012):

Sector	Tipos de bienes y servicio
energía	etanol, biogás y otros combustibles (a partir de biomasa)
industria	butanol, acetona, glicerol, ácidos y vitaminas; numerosas enzimas para otras industrias textil y de limpieza
medioambiente	recuperación de petróleo, biorremediación (tratamiento de aguas residuales y de basura, eliminación de contaminantes)
agricultura	plantas con nuevas características incorporadas (transgénicas) para mayor valor nutritivo, resistentes a plagas y a condiciones de cultivo adversas como la sequía y salinidad
pecuaria	embriones, animales con características nuevas (transgénicos), vacunas, hormonas y medicamentos para uso veterinario
alimentación	panificación (panes y bizcochos), lácteos (quesos, yogures y otras bebidas lácteas), bebidas (cervezas, vinos y bebidas destiladas) y aditivos diversos (salsa de soja, glutamato de sodio, edulcorantes, etc.)
salud	antibióticos y medicamentos para diversas enfermedades, hormonas, vacunas, reactivos y pruebas de diagnóstico, etc.

5▸ INGENIERÍA GENÉTICA

Es un conjunto de técnicas que permite la alteración controlada del material genético. Entre los fines que presenta la ingeniería genética está el aprender más acerca de los procesos celulares, como la herencia y la expresión genética, y desarrollar una mejor comprensión para el tratamiento y diagnóstico de enfermedades de origen genético. Una herramienta fundamental de la ingeniería genética es el ADN recombinante.

5.1. TECNOLOGÍA DEL ADN RECOMBINANTE

5.1.1. Definición

La tecnología del ADN engloba un conjunto de procedimientos cuyo objetivo es extraer, cortar, sintetizar, marcar, identificar, amplificar y secuenciar el genoma de un organismo u individuo.

5.1.2. Pasos de la tecnología del ADN recombinante

Paso 1. Aislamiento del gen a transferir

Se corta el ADN mediante una herramienta denominada enzimas de restricción, la cual genera extremos cohesivos (con monocadenas) y extremos romos.

En la naturaleza, las enzimas de restricción son sintetizadas por bacterias, como armas de defensa contra el ataque de virus (bacteriófagos), y de esta forma impiden su multipliación. Por ende, estas enzimas rompen las uniones entre los nucleótidos de una cadena de ADN, en sitios específicos de secuencias simétricas llamadas palindrómicas, lo cual permite aislar genes. En la actualidad se han purificado decenas de estas enzimas de restricción, cuyo nombre se representa en una abreviatura de tres letras que corresponde a la bacteria del que se extrajo, seguido de números romanos, por ejemplo: EcoRI (*Escherichia coli*), HindIII (*Haemophilus influenzae*) y HaeIII (*Haemophilus aegyptius*).

Paso 2. Se incorpora el gen (ADN cortado) a un vector

Para este procedimiento se utilizan vectores que pueden ser plásmidos, cósmidos o virus; siendo los últimos los más utilizados.

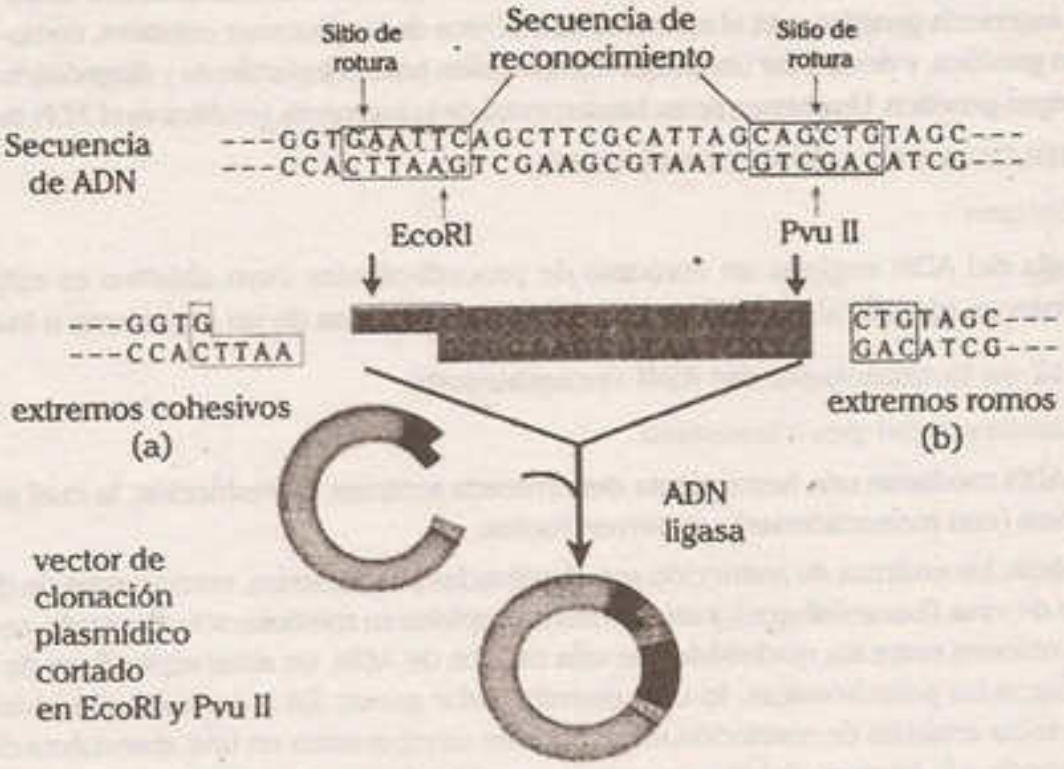
Los plásmidos son pequeñas moléculas de ADN circular extracromosómico propio de las bacterias, que de forma natural son utilizadas por las bacterias para transferir información genética. El agregar un plásmido al ADN de otro organismo es conocido como transfección de plásmido. Mientras que un cósmido es un elemento genético derivado del virus que posee extremo COS, unido a un plásmido. Finalmente, un virus es una asociación supramolecular nucleoproteica, compuesta principalmente de ácido nucleico y proteínas.

TIPOS DE VECTORES Y HOSPEDADORES

Vector	Hospedador	Estructura	Capacidad
plásmidos	E.coli	plásmidos circulares	5 - 10
bacteriófagos	E.coli	plásmidos circulares	5 - 10
cósmidos	E.coli	plásmidos circulares	35 - 45
BACs	E.coli	plásmidos circulares	hasta 300
YACs	levadura	plásmidos circulares	100 - 2000
MACs	células de mamíferos	plásmidos circulares	> 1000

Paso 3. Se forma el ADN recombinante

El ADN cortado y el vector se unen por medio de una enzima ADN ligasa, formando la molécula de ADN recombinante.



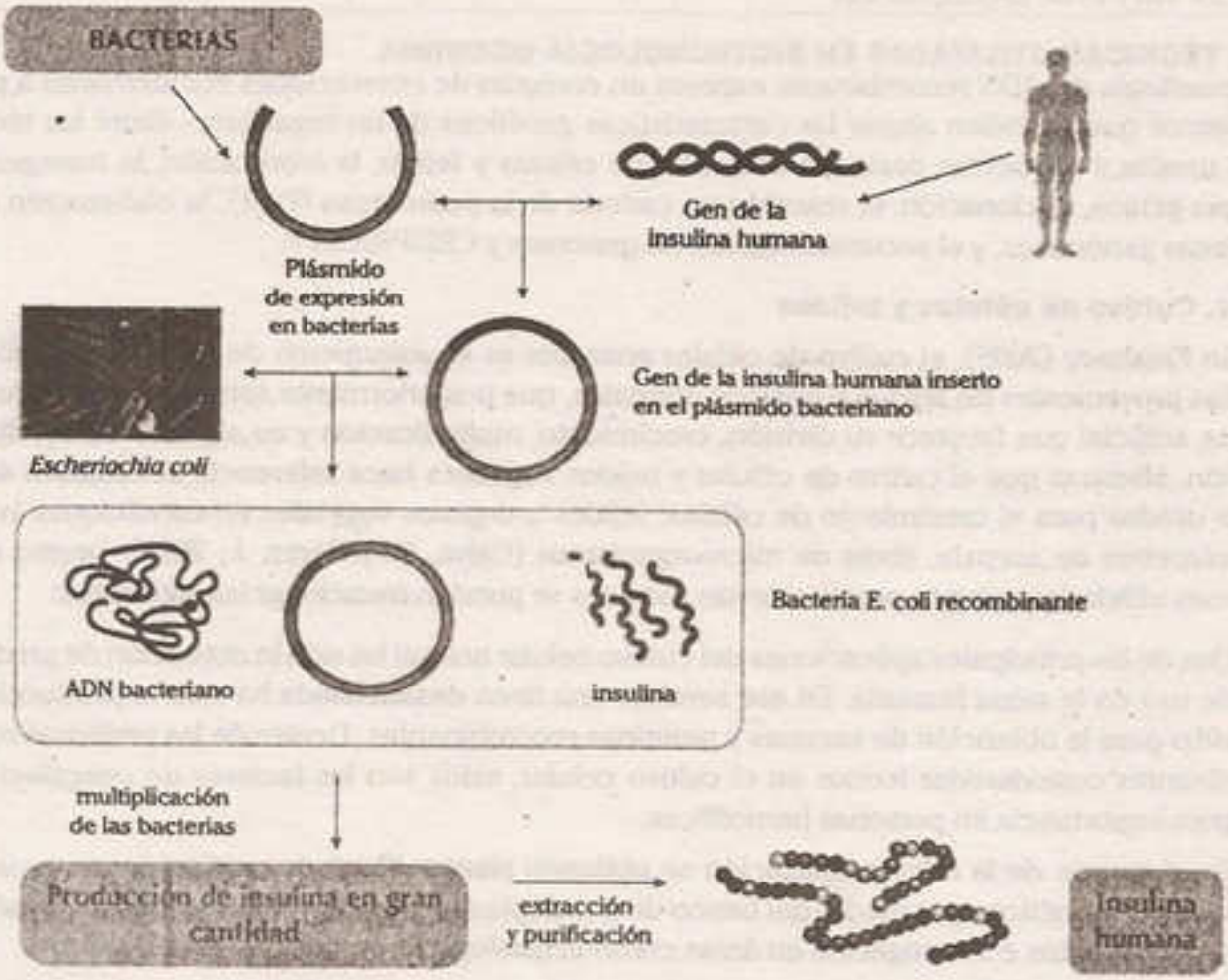
La tecnología del ADN recombinante (pasos 1, 2 y 3)

Paso 4. Se copia el ADN recombinante en un hospedador

Las moléculas de ADN recombinante se agregan a un cultivo de bacterias (hospedador) y mediante un proceso conocido como transformación, las bacterias capturan una molécula de ADN recombinante. De esa manera se logra que las bacterias contengan una parte distinta a su genoma original y permitan obtener miles de millones de copias de las moléculas de ADN recombinante cada vez que el cultivo bacteriano se reproduzca.

Paso 5. Expresión del ADN recombinante

La expresión del ADN recombinante permite obtener diversos productos como péptidos y/o proteínas de gran utilidad para la industria agropecuaria y farmacéutica.



Producción de insulina humana por medio de la ingeniería genética y la tecnología del ADN recombinante

5.1.3. Importancia de la tecnología del ADN recombinante

Según De Franco y Savio en *Medicamentos biotecnológicos, conceptos básicos y relevancia en el contexto clínico*, "la tecnología del ADN recombinante permite obtener bibliotecas genéticas (genotecas), bibliotecas cromosómicas, germoplasmas, proteínas humanas para la industria farmacológica y animales transgénicos productores de diferentes metabolitos, que son útiles en medicina, ganadería y agricultura". Veamos el siguiente cuadro (De Franco y Savio, 2012):

MEDICAMENTOS BIOTECNOLÓGICOS OBTENIDOS POR MEDIO DEL ADN RECOMBINANTE			
Hormonas, factores de crecimiento y enzimas	Anticuerpos monoclonales	Vacunas y antígenos	Terapia celular
hormonas para fertilidad asistida hormona de crecimiento insulina humana enzimas (L-asparaginasa, tripsina, quimiotripsina, etc.) factores de crecimiento humano (G-CSF, factor de crecimiento hematopoyético) factor VIII y IX de la coagulación	rituximab ibritumomab	vacuna del HPV (papiloma virus humano) antígeno de la hepatitis B	condrocitos autólogos cultivados, EPI- NCSC (células madre de la cresta neural epidérmica)

5.2. TÉCNICAS UTILIZADAS EN BIOTECNOLOGÍA MODERNA

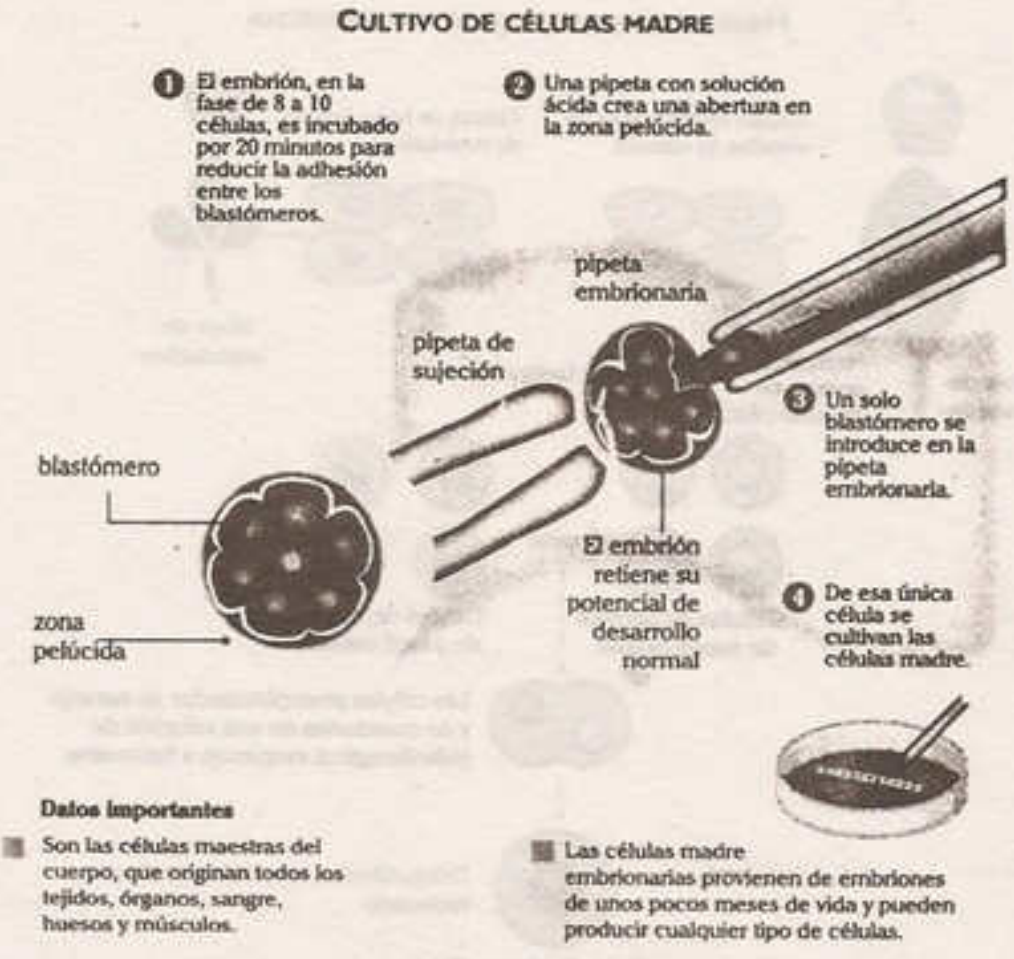
La tecnología del ADN recombinante expresa un conjunto de innovaciones encaminadas a procedimientos que permiten alterar las características genéticas de un organismo. Entre las técnicas más usadas y conocidas destacan el cultivo de células y tejido, la hibridación, la transgenia, la terapia génica, la clonación, la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), la elaboración de bibliotecas genómicas, y el secuenciamiento de genomas y CRISPR/Cas 9.

5.2.1. Cultivo de células y tejidos

Según Freshney (2005), el cultivo de células animales es el aislamiento de un tipo específico de células provenientes de tejidos u órganos animales, que posteriormente son colocadas en un ambiente artificial que favorece su división, crecimiento, multiplicación y en algunos casos, diferenciación. Mientras que el cultivo de células y tejidos vegetales hace referencia al conjunto de técnicas usadas para el crecimiento de células, tejidos u órganos vegetales en condiciones *in vitro*, y parámetros de asepsia, libres de microorganismos (Calva, G. y Pérez, J., 2005). Dentro de las diversas utilidades que nos permiten estas técnicas se pueden mencionar las siguientes:

- Una de las principales aplicaciones del cultivo celular animal ha sido la obtención de productos de uso en la salud humana. En ese sentido, una línea desarrollada ha sido la producción de virus para la obtención de vacunas y proteínas recombinantes. Dentro de las proteínas recombinantes consideradas íconos en el cultivo celular, estos son los factores de coagulación de gran importancia en personas hemofílicas.
- En el campo de la micropropagación se obtienen plantas libres de patógenos, se conservan recursos genéticos por medio del banco de germoplasma, mejoramiento genético, biosíntesis de metabolitos e investigación en áreas como la fisiología, bioquímica y genética.

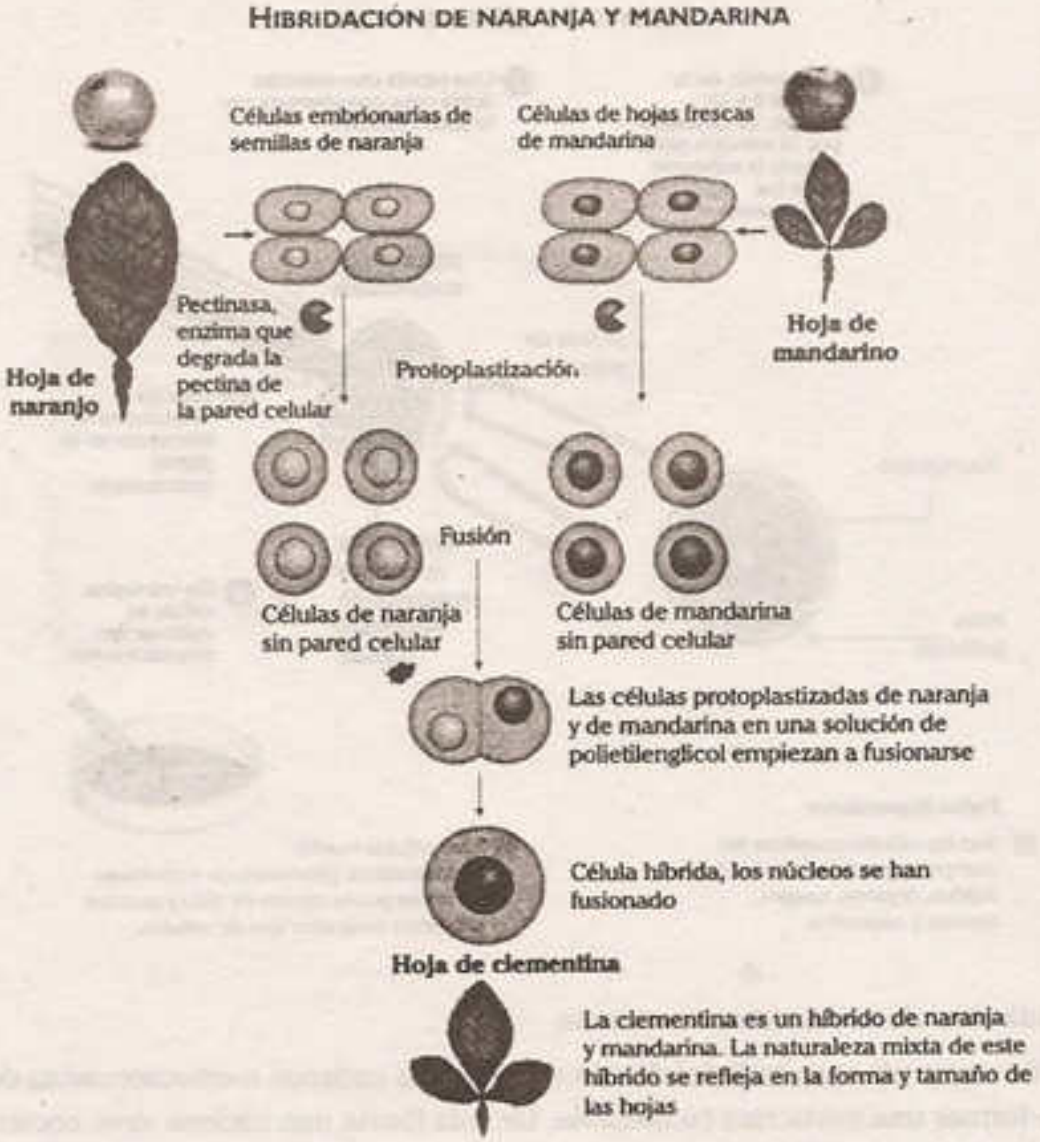
Virus	Nombre comercial de vacuna	Propiedades
hepatitis B	Hepacare-Hepagene	ADN recombinante, triple antígeno (antígeno de superficie, pre S-1 y pre S-2)
rotavirus	Rotarix, RIX4414	formulación de un rotavirus recombinante natural, cultivado en células VERO
virus papiloma humano (VPH)	Cervarix	vacuna bivalente recombinante contra cepas del virus VPH 16 y 18



5.2.2. Hibridación de los ácidos nucleicos

La hibridación es un proceso artificial donde se unen dos cadenas monocatenarias de ácidos nucleicos para formar una estructura bicatenaria. De esta forma una cadena sirve como molde para la construcción de la otra cadena. De esta técnica de hibridación se desprenden diversas variantes que contribuyen al diagnóstico de enfermedades infecciosas, una de ellas es la hibridación *in situ* fluorescente (FISH), que es una técnica que detecta secuencias de ácidos nucleicos en tejidos o células preservados mediante el empleo de una sonda marcada con un fluorocromo, la cual se dirige hacia un punto específico del cromosoma y que emite fluorescencia que puede ser observada por medio de un microscopio (Martínez y Otero, 2013).

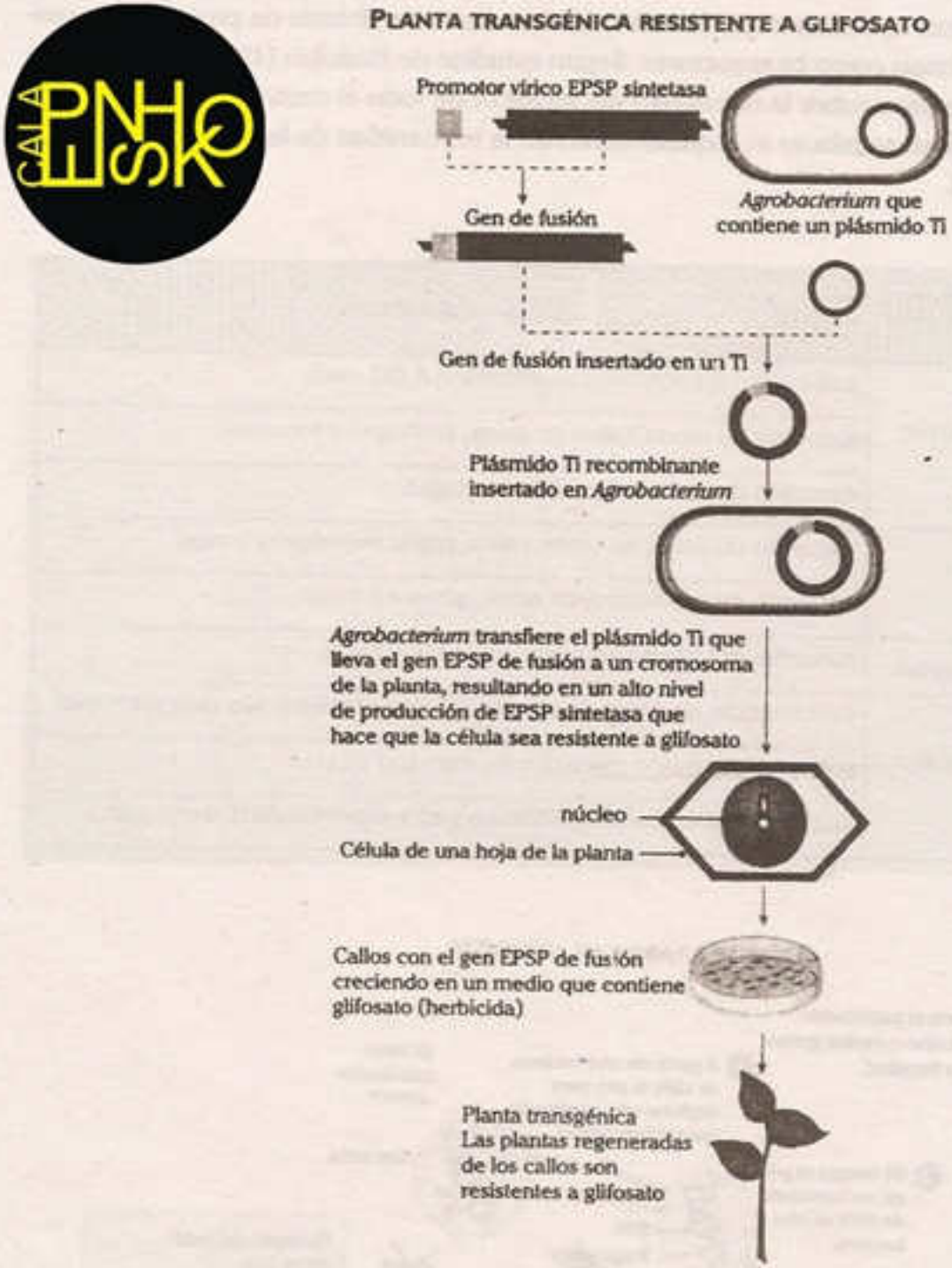
En un sentido más amplio se puede utilizar el término de hibridación para referirnos a la reproducción interespecífica de la unión de dos individuos pertenecientes a especies diferentes. Por lo tanto, se puede obtener híbridos por proceso de fusión de células y protoplastos pertenecientes a especies diferentes, principalmente vegetales. Mediante este proceso, las plantas híbridas reúnen características de las dos plantas de origen. De esta manera, se ha obtenido el maíz híbrido, variedades de tomates o fresas capaces de soportar las heladas, o especies de arroz resistentes a enfermedades y a condiciones climáticas extremas, como la sequedad y salinidad excesiva del suelo. Asimismo se ha logrado obtener animales domésticos, como vacunos, caprinos, equinos, ovinos, etc. con mejores rendimientos; esto implica tanto la mejora de las razas con el aumento en la producción de leche y carne, como la creación de nuevas razas.



5.2.3. Transgenia

El término transgénico se aplica a los organismos que se les han introducido genes que derivan de otras especies, es decir son organismos geneticamente modificados, conocidos también con las siglas OGM o simplemente transgénicos. En ese sentido, un transgénico es todo organismo vivo manipulado por medio de la ingeniería genética, en el que se ha insertado un gen que no forma parte de su genoma original. En el mundo son muchas las compañías biotecnológicas productoras de los OGM que contribuyen en el campo alimenticio, farmacéutico y biomédico.

La importancia de los vegetales transgénicos radica en lograr el mejoramiento de los alimentos y poder enfrentar la crisis alimentaria que vive el planeta. Aunque para algunos críticos, la hambruna en el mundo no se ha reducido, a pesar de que en la actualidad, a nivel mundial, ya se comercializa más de 50 alimentos trasgénicos, siendo la soya y el maíz los más representativos. Los aspectos importantes que poseen las plantas transgénicas son la resistencia a insectos y la tolerancia a herbicidas. Por ejemplo, la variedad de planta de soya transgénica es tolerante al glifosato, pues se le inserta un gen de la bacteria *Agrobacterium tumefaciensla*, dicho gen codifica una enzima que vuelve resistente a la planta frente al herbicida.



Los animales transgénicos constituyen excelentes modelos para el estudio de la expresión de genes con la finalidad de encontrar nuevas estrategias terapéuticas frente a enfermedades. En ese sentido, en el campo biomédico se encuentran tres aplicaciones: animales transgénicos como modelos de enfermedades, animales transgénicos como biorreactores y animales transgénicos para xenotrasplantes.

La aplicación de animales transgénicos como modelos de enfermedades ha permitido profundizar investigaciones de enfermedades como el mal de Parkinson, la espondiloartropias, la esquizofrenia, la esclerosis múltiple, etc.; de esta forma se han desarrollado modelos de cerdos transgénicos para la enfermedad de Alzheimer.

Los animales transgénicos constituyen un excelente sistema para la síntesis de proteínas recombinantes, es decir funcionan como biorreactores. Segun estudios de Rudolph (1999), bastaría solo 2 animales transgénicos para cubrir la necesidad del factor IX de todo el mundo. Mientras que 16 vacas transgénicas podrían satisfacer el requerimiento de la humanidad de la hormona de crecimiento (Redwan, 2009).

Fenotipo mejorado por transgénico	Compuesto diario
mejoras en el contenido de vitaminas	aumento del contenido en vitamina A del maíz
	aumento de ácido fólico en arroz, lechugas y tomates
	aumento de la vitamina C en lechugas
mejoras del contenido proteico	aumento de lisina en arroz, maíz, papa, remolacha y soja
	aumento de metionina en arroz, girasol y maíz
biofortificación de minerales	aumento del hierro en arroz, guisante y maíz
cambios en la composición de aceites y grasas	disminución de ácido linolénico y aumento del ácido oléico en soja
	aumento del ácido esteárico en algodón y colza
	aumento del ácido araquidónico y eicosapentanóico en mostaza

CÓMO SE FABRICAN LOS OGM

A todo el público en general:

El Proyecto Modo Scan+100, nace de una idea del **Team Calapenshko**, el cual es difundir todo aquel texto inédito que no esté circulando en la red.

Nuestro Grupo Calapenshko hace el mejor esfuerzo para digitalizar este libro, y así usted estimado lector pueda obtener la mejor experiencia que toda persona desea al abrir un libro.

Este proyecto llega gracias a las **donaciones que se pudo obtener de 100 personas** comprometidas con el proyecto **MODO SCAN+100**.

Este libro no debe ser prostituito monetariamente, este libro no debe ser coleccionado, este libro debe ser destruido analíticamente, así que te invito a leerlo.

No pagues por este libro de **circulación gratuita**, búscalo en la red.

Atentamente, el **GRUPO CALAPENSHKO**

18 de agosto del 2020

5.2.4. Terapia génica

La terapia génica consiste en la modificación específica de un gen con la finalidad de prevenir o corregir trastornos hereditarios o adquiridos que puedan generar una condición patológica para el individuo. Es decir, esta técnica se fundamenta en la corrección, interferencia o sustitución de un gen defectuoso al interior de las células que expresan la enfermedad por un gen normal y su correcta traducción de proteína funcional con el objetivo de enlentecer, estabilizar o revertir el curso de la enfermedad. Tomando en consideración el tipo de patología, la terapia génica presenta los siguientes abordajes.

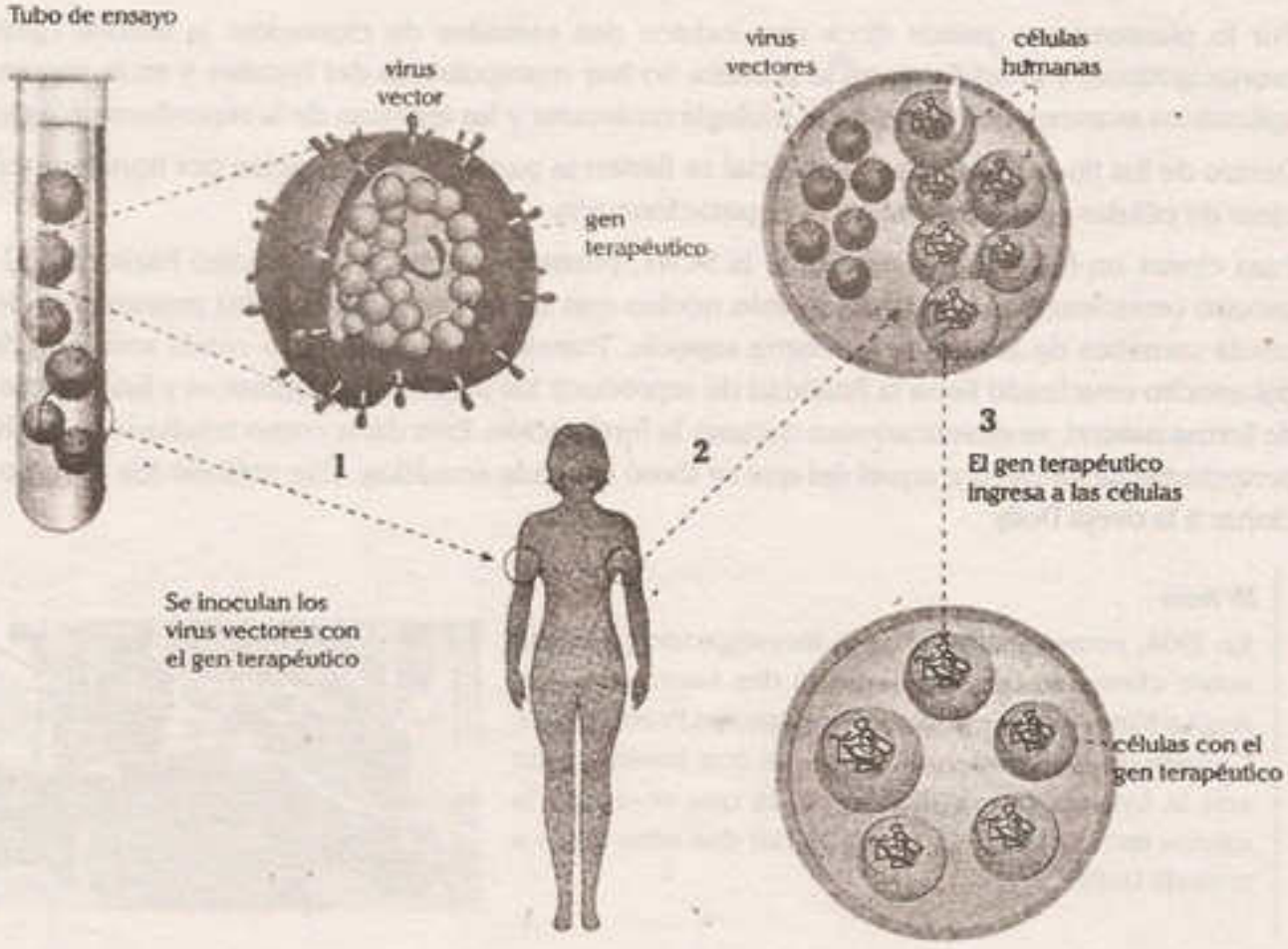
a. Adición génica

Se basa en introducir una copia correcta del gen funcional para que se produzca la síntesis de proteína diana correspondiente al tejido que se está tratando. Este procedimiento es el más usado ampliamente y tiene la versatilidad de aplicarse a la mayoría de enfermedades.

b. Corrección génica

Este procedimiento como su nombre lo indica, busca corregir el gen defectuoso por un gen normal. Para lo cual se realiza la recombinación homóloga, que permite intercambiar el gen mutado por un gen correcto. En la actualidad, es un método poco eficiente y su utilidad se circunscribe al tratamiento de mutaciones puntuales.

TERAPIA GÉNICA EN EL HOMBRE



5.2.5. Clonación

En el lenguaje científico, se entiende como una técnica de la ingeniería genética mediante la cual se puede obtener una copia de una molécula, una célula, una planta o animal a partir de otra molécula u organismo ya existente, por lo que en términos genéticos, ambos tendrían los mismos genes.

La clonación adquirió popularidad cuando en 1996, el mundo supo por medio de la publicación de la revista *Nature*, que Ian Wilmut y colaboradores del Instituto Roslin habían podido clonar con éxito una oveja por medio de la transferencia nuclear. En este proceso, el núcleo de una célula somática completamente diferenciada fue transferido al interior de un óvulo receptor fecundado sin nucleo (enucleado). El resultado de este proceso fue el nacimiento de la oveja Dolly. Desde este logro a la actualidad se han podido clonar más de 20 animales, así se tiene que en el 2018, científicos chinos usando la técnica de transferencia nuclear de células somáticas (SCNT) obtuvieron clones de dos monos que fueron bautizados con el nombre de Zhong Zhong y Hua Hua.

El clon no es algo nuevo; en los primeros organismos, la reproducción se realizaba por vía asexual, de modo que los descendientes de los seres microscópicos con los que se inicia la vida eran idénticos a sus padres, es decir, clones. Conforme avanza la complejidad de los seres vivos es menos probable que puedan ser clonados. En los animales vertebrados, la clonación es un fenómeno muy limitado, de manera natural aparece en los gemelos monocigóticos o idénticos que comparten el mismo material genético, porque se forman a partir de un mismo cigoto que se divide temprano en la embriogénesis.

Por lo planteado se puede decir que existen dos métodos de clonación: la natural (gemelos monocigóticos) y la artificial; en la primera no hay manipulación del hombre y en la segunda se aplican los avances científicos de la biología molecular y las técnicas de la reproducción asistida.

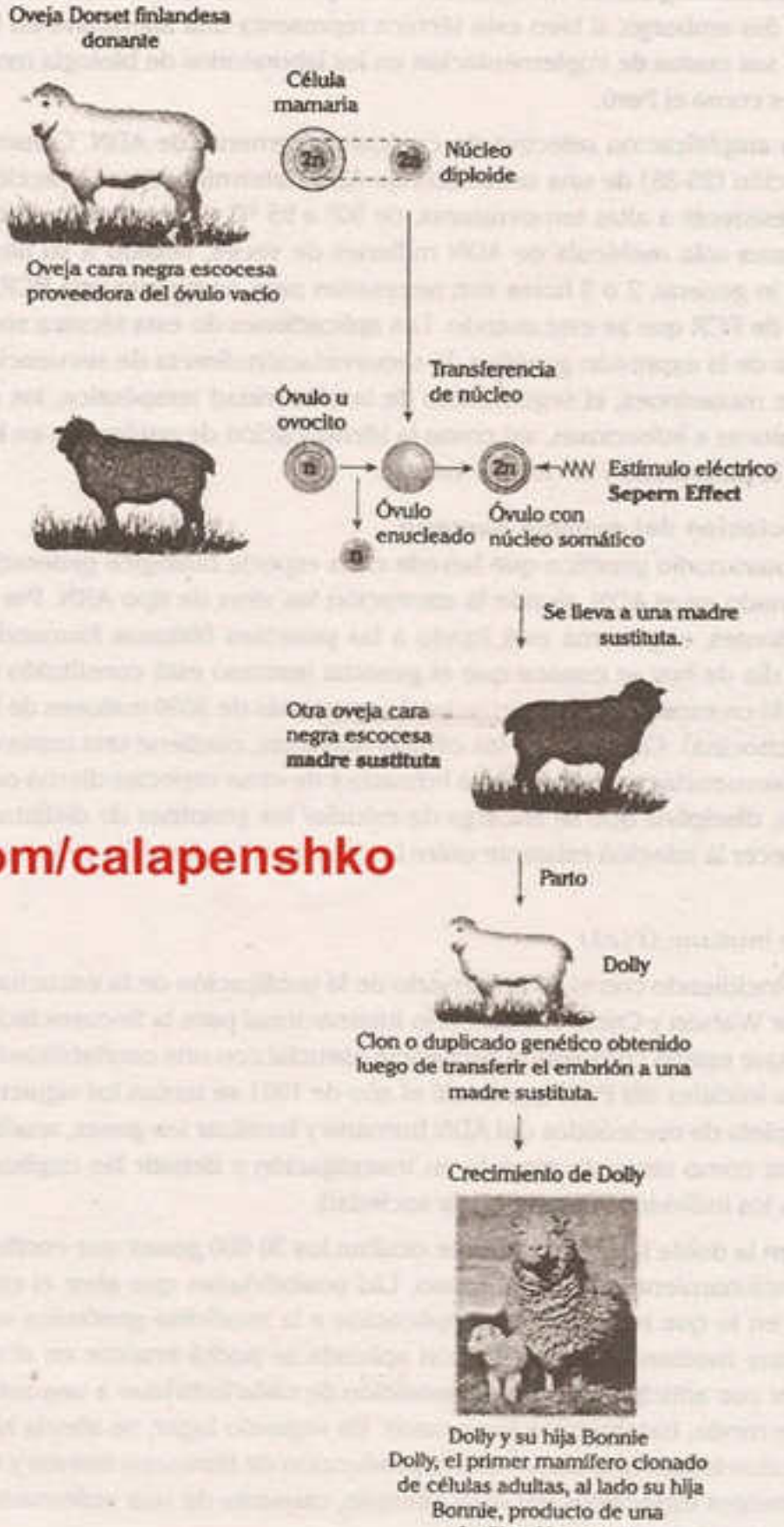
Dentro de los tipos de clonación artificial se tienen la partición, la clonación por transferencia nuclear de células somáticas (SCNT) y la paraclonación.

Para clonar un ser vivo por medio de la SCNT, primero se priva de su núcleo haploide (n) a un ovocito (enucleación) sustituyendo este núcleo con un núcleo diploide (2n) proveniente de una célula somática de adulto de la misma especie. Transferir el núcleo de la célula somática dentro del ovocito enucleado tiene la finalidad de reproducir los procesos bioquímicos y fisiológicos que, de forma natural, se desencadenan durante la fertilización. Esto daría como resultado un individuo perfectamente idéntico a aquel del que se tomó la célula somática. Este método fue seguido para clonar a la oveja Dolly.

Nota

En 1998, como resultado de la investigación japonesa sobre clonación bovina, nacieron dos vacas gemelas, Kaga y Noto, en el Centro de Investigación Provincial de Ganado de Ishikawa como parte de una investigación con la Universidad de Kindai, en la que se utilizó la misma técnica empleada para clonar dos años antes a la oveja Dolly.

Clonación de la oveja Dolly



Dolly y su hija Bonnie
Dolly, el primer mamífero clonado de células adultas, al lado su hija Bonnie, producto de una fertilización natural.

twitter.com/calapenshko

5.2.6. Reacción en cadena de la polimerasa (PCR)

La PCR es la técnica de diagnóstico molecular más ampliamente utilizada debido a su versatilidad y facilidad de uso. Sin embargo, si bien esta técnica representa una alternativa en la identificación de patógenos, aún sus costos de implementación en los laboratorios de biología molecular son una limitación en países como el Perú.

La PCR permite la amplificación selectiva de cualquier segmento de ADN. Consiste en ciclos repetidos de replicación (25-35) de una secuencia de ADN determinada por la acción de la enzima ADN polimerasa resistente a altas temperaturas, de 50° a 95 °C dependiendo de la etapa. El PCR puede amplificar una sola molécula de ADN millones de veces, debido a su alta sensibilidad y especificidad; por lo general, 2 o 3 horas son necesarias para completar una PCR, pero esto va a depender del tipo de PCR que se esté usando. Las aplicaciones de esta técnica son diversas en el campo de estudios de la expresión genética, la secuenciación directa de secuencias amplificadas en la detección de mutaciones, el seguimiento de la efectividad terapéutica, los diagnósticos de enfermedades genéticas e infecciosas, así como la identificación de patógenos en los alimentos, la determinación de la paternidad y la ciencia forense.

5.2.7. La secuenciación del genoma humano

Un genoma es el patrimonio genético que hereda cada especie biológica generación tras generación. Está almacenado en el ADN, siendo la excepción los virus de tipo ARN. Por lo tanto, en los organismos eucariontes, el genoma está ligado a las proteínas histonas formando la cromatina. En ese sentido, al día de hoy se conoce que el genoma humano está constituido por 23 pares de cadenas de ADN (46 cromosomas) que en su total suman más de 3000 millones de bases (adenina, timina, guanina y citocina). Cada una de las células humanas, contiene una copia del genoma.
Los avances en la secuenciación del genoma humano y de otras especies dieron origen al desarrollo de la genómica, disciplina que se encarga de estudiar los genomas de distintas especies cuya finalidad es establecer la relación existente entre la estructura y la función de los genes contenidos en el ADN.

Proyecto genoma humano (PGH)

En el año 2003, coincidiendo con el 50 aniversario de la publicación de la estructura helicoidal del ADN propuesta por Watson y Crick, el Consorcio Internacional para la Secuenciación del Genoma Humano anunció que estaba completa la secuencia esencial con una confiabilidad del 99,9%. Dentro de los objetivos iniciales del PGH que inició el año de 1991 se tenían los siguientes: determinar la secuencia completa de nucleótidos del ADN humano y localizar los genes, analizar genomas de organismos usados como sistemas modelo en investigación y debatir las implicaciones éticas y legales, tanto para los individuos como para la sociedad.

Se encontró que en la doble hélice del ADN se ocultan los 30 000 genes que contienen las instrucciones para el funcionamiento del ser humano. Las posibilidades que abre el conocimiento del genoma humano en lo que respecta de su aplicación a la medicina genómica son enormes. En primer lugar, porque mediante la investigación aplicada se podrá avanzar en el diagnóstico preventivo, para saber con anticipación la predisposición de cada individuo a una serie de patologías y permitir, de este modo, tratamientos tempranos. En segundo lugar, se abriría al mismo tiempo un campo terapéutico totalmente nuevo con la producción de fármacos nuevos y específicos, que actuarían en segmentos específicos del ADN alterado, causante de una enfermedad; es lo que se denomina la terapia génica.

Por lo tanto, si bien el PGH aperturó el desarrollo del estudio de la medicina genómica y el secuenciamiento del genoma, aun hay diversos aspectos que deben de seguir discutiendose en lo referente a los aspectos éticos, juridicos y sociales del PGH. Es importante que se continue reflexionando sobre la confidencialidad de conocimiento del genoma de una persona y el uso por parte de las aseguradoras de vida y salud.

Por lo planteado, aun a pesar de los avances en el secuenciamiento del genoma, la obtención de bibliotecas genómicas, la medicina genómica, proteónimica, metabolómica, etc. se debe seguir comprendiendo el papel de los genes en nuestra vida y evaluar cómo su estudio puede mejorar la salud y el estilo de vida de la humanidad.

Una biblioteca genética constituye la colección de fragmentos de las secuencias del ADN del genoma de un organismo. La población de células que contiene todos los fragmentos de ADN recombinantes de un genoma se denomina la biblioteca genética del organismo. Su construcción requiere de la fragmentación de las cadenas largas de ADN por la acción de una enzima de restricción, estos fragmentos son mantenidos de modo recombinante en bacterias como la *Escherichia coli* o en levaduras. Cada célula de esta mantiene solo un fragmento de ADN clonado en un vector, de tal modo que en una población de estas células en cultivo (en el rango de 10^7 a 10^8 células) se puede contar con todas las secuencias del genoma del organismo, donde cada fragmento es portado por cada microorganismo recombinante.

El proyecto del Genoma Humano descubre la localización de los genes que regulan las diversas funciones; también así sus deficiencias que son causantes de numerosas enfermedades.

5.2.8. La tecnología CRISPR/Cas9

La sigla CRISPR es el nombre de unas secuencias repetitivas palindrómicas cortas agrupadas y regularmente interespaciadas. La segunda, Cas9, es el nombre de una serie de proteínas nucleasas, presentes en las bacterias, que funcionan como medios de defensa frente a virus que atacan a bacterias. Los científicos han aprendido a utilizar esta herramienta de CRISPR/Cas9 fuera de las bacterias para poder cortar y pegar trozos de material genético en cualquier célula.

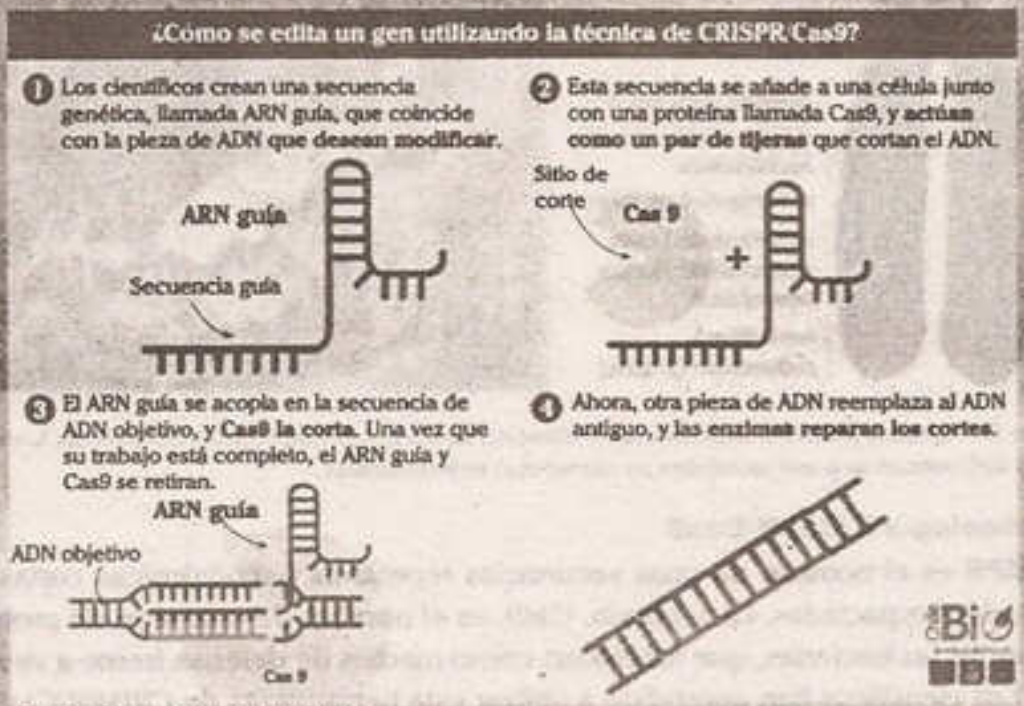
Addgene, un Netflix para la edición genética

La compañía Addgene nació el año 2004 y hoy tiene más de 50 000 plásmidos catalagados en su base de datos y almacenados en su repositorio. Cuenta con la capacidad de servir a cualquier laboratorio del mundo o institución científica del planeta, de hecho en estos últimos años se ha completado con más de un millón de envíos alrededor del mundo. Pero, ¿qué son los plásmidos y cuál es su importancia en la edición genética? Los plásmidos se constituyen en pequeñas secuencias de ADN circular, presentes en bacterias e independientes del cromosoma de la célula. Son capaces de replicarse a sí mismos y pueden ser introducidos en una gran variedad de células. Por estas razones son tan importantes en la edición génica, siendo el vehículo con el que se introducen nuevos genes (en caso de transgénicos) o la secuencia CRISPR/Cas9 en una célula.

En ese sentido, estamos viviendo una época donde por medio de una solicitud *online* a la empresa Addgene y por el costo de unos euros podemos tener en nuestro buzón una secuencia de plásmido, como el menú de películas, es así que Addgene se ha convertido en el Netflix de los genes.

Así, los equipos de investigadores crean plásmidos según sus necesidades. El problema viene cuando otros laboratorios quieren repetir el experimento (la reproducibilidad es uno de los pilares del método científico) o utilizar el mismo plásmido. ¿Cómo conseguirlo? Antes de Addgene se pedía directamente al laboratorio o a alguna de las empresas biotecnológicas que los hacían. Ahora, cada vez más investigadores acuden al catálogo de Addgene.

SAMANIEGO, Juan F. En <https://nobbot.com/futuro/que-es-addgene/>.



Fuente: Nature News; Carl Zimmer

Preguntas resueltas

Pregunta 1

En el sótano del museo egipcio de El Cairo, hay una momia que los expertos atribuyen a la reina de Egipto, quien vivió en el siglo XV a.n.e. Para intentar verificar si esa momia se corresponde con una faraona, los científicos extrajeron su ADN para poder compararlo con el de otros miembros de su familia. Este procedimiento corresponde a una aplicación de la

A) clonación.
B) ingeniería genética.
C) biotecnología tradicional.
D) transgenia.
E) terapia génica.

Resolución

Por medio de la ingeniería genética podemos aislar y manipular el ADN procedente de cualquier organismo, incluso el ADN de algunos con miles de años de antigüedad, como puede ser el de las momias, los mamuts u otros organismos que se hayan conservado en ambientes muy fríos o muy secos. Y no solo podemos trabajar con la molécula de ADN, también se puede manipular el ARN mensajero.

Clave B

Pregunta 2

Señale el organismo al cual se le ha introducido, de forma deliberada y controlada, una modificación en su material genético haciendo uso de las técnicas modernas de ADN recombinante. Esta modificación consiste en incorporar información para conseguir que el organismo adquiera una determinada característica que antes no poseía.

A) clon B) OGM C) biorreactor
D) genotipo E) transgén

Resolución

La sigla OGM hace referencia a organismos genéticamente modificados. Son aquellos organismos vivos cuyo material genético (ADN) ha sido modificado en forma artificial, usando técnicas modernas de ingeniería genética. Estas técnicas permiten separar, modificar y transferir partes del ADN de bacterias, vegetales y animales.

Clave B

Pregunta 3

Según el secretario general de la ONU, acerca del Informe Mundial de la Crisis Alimentaria que vive la humanidad, menciona que "ahora depende de nosotros tomar medidas para atender las necesidades de quienes se enfrentan el azote diario del hambre y abordar sus causas profundas". Si se analiza el discurso y se conoce las aplicaciones de la biotecnología, ¿qué tipo de biotecnología moderna podría contribuir para enfrentar el problema de la crisis alimentaria?

A) terapia génica
B) biorreactores
C) transgenia
D) fermentación
E) herencia mendeliana

Resolución

Según cifras de la FAO se estimó que sería necesario incrementar en 70% la producción alimentaria para llegar a satisfacer las necesidades alimentarias al 2050. Sin embargo, para algunos críticos el tema no solo basta con elevar la producción, sino con realizar una mejor redistribución de la actual producción de alimentos a nivel mundial. En ese sentido, la biotecnología y en concreto los alimentos transgénicos surgen como una posible alternativa a la problemática planteada.

Clave C

Lumbreras Editores

Pregunta 4

Se desea copiar el gen de la insulina de un mono, expresado en las células beta del páncreas, en un vector plasmídico que le pertenece a la bacteria *Escherichia coli*. Por lo tanto, solo una de las siguientes estrategias conducirá a la obtención del inserto correcto, esta es el aislamiento de

A) ADN genómico del páncreas de mono de cualquier tejido para su amplificación específica mediante PCR.
B) ARN del páncreas de este animal para su retrotranscripción y amplificación específica mediante PCR.
C) ADN genómico del páncreas de mono para su amplificación específica mediante PCR.
D) ARNr del páncreas de mono para su amplificación mediante PCR.
E) ARNt del páncreas de mono para su amplificación específica mediante PCR.

Resolución

En primer lugar, si bien es fácil aislar los ARNr o ARNt debido a que son pequeños, abundantes y están en todas las células, un ARNm debe aislarse de los tejidos donde se expresa.

En segundo lugar, una enzima de origen viral, la transcriptasa reversa, transcribe la información en el sentido ARN a ADN, y permite que los virus con un genoma de ARN (como el VIH, por ejemplo) se multipliquen en el hospedador.

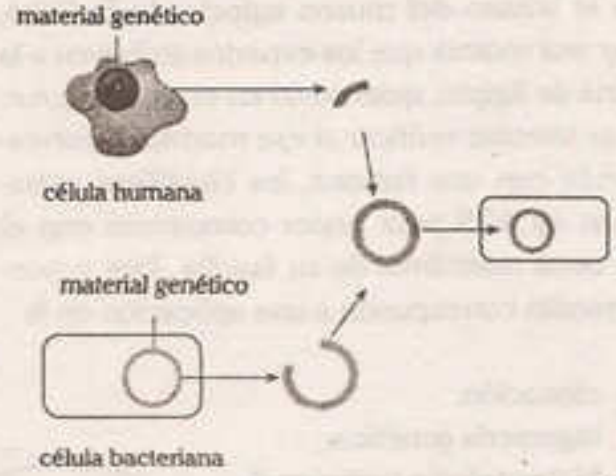
Como herramienta de laboratorio, la transcriptasa reversa posibilita la fabricación de hebras de ADN complementarias (ADNc) a cualquier molécula de ARN a diferencia del gen original, no habrá intrones en el ADNc construido a partir del ARN.

Una vez obtenido el ADN por retrotranscripción a través de la PCR (reacción en cadena de la polimerosa) se pueden obtener millones de copias.

Clave **B**

Pregunta 5

El siguiente esquema representa una técnica de la biotecnología moderna.



¿Qué conocimiento fue importante para desarrollar esta técnica?

A) conocimiento sobre la mitosis animal
B) conocimiento de la estructura molecular de la pared bacteriana
C) conocimiento sobre la reproducción *in vitro*
D) conocimiento de la estructura de la molécula de ADN
E) conocimiento sobre técnicas de clonación

Resolución

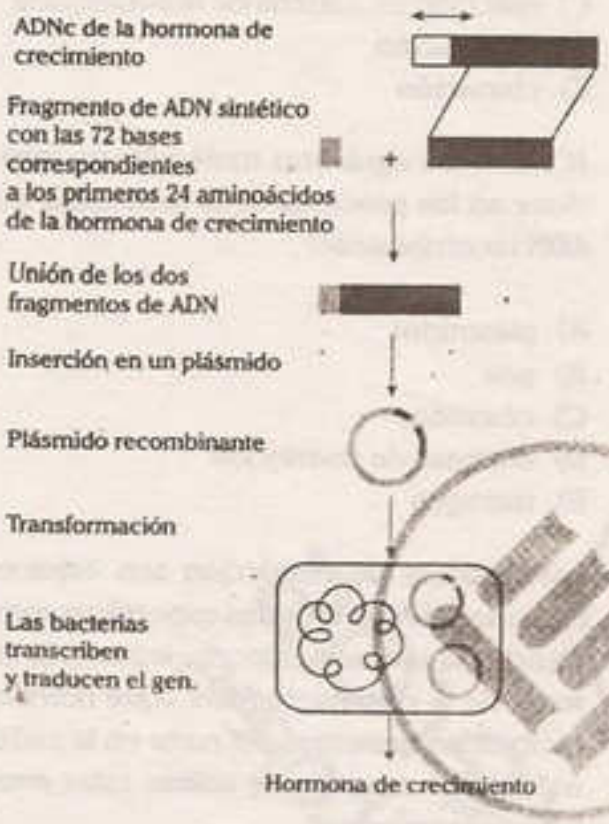
El paso de la biotecnología tradicional a la moderna obedece al desarrollo de las ciencias y la tecnología. Diversos hitos han sido fundamentales para el desarrollo de la tecnología del ADN recombinante, en ese sentido, la propuesta del modelo helicoidal de Watson y Crick (1953) para la molécula del ADN, así como los experimentos de Boyer y Cohen (1973) para transferir un gen de sapo a una bacteria y lograr cambiar el genoma de un organismo transfiriéndole genes de otra especie representaron hitos fundamentales en el desarrollo de la biotecnología moderna y la tecnología del ADN recombinante.

Clave **D**

Lumbreras Editores

Pregunta 6

En el siguiente gráfico se observa la producción de la hormona de crecimiento.



¿Qué técnica de la biotecnología moderna ha permitido este logro?

A) tecnología del ADN recombinante
B) electroforesis en gel
C) reacción en cadena de la polimerasa
D) hibridación *in situ*
E) tecnología de arrays

Resolución

La tecnología del ADN recombinante es sinónimo de manipulación genética, clonación génica, modificación genética, etc.; el término recombinante se refiere a un fenómeno natural que se da durante la meiosis, como consecuencia del intercambio de fragmentos cromosómicos. En la biotecnología moderna, la manipulación génica del ADN permite cortar y unir pequeños pedazos de ADN, pertenecientes o no a individuos de la misma especie.

Clave **A**

Pregunta 7

Las enzimas de restricción son nucleasas que generan fragmentos de ADN conocidos como fragmentos de restricción. Las enzimas de restricción son herramientas imprescindibles en la biología molecular, ingeniería genética y biotecnología.

¿Cuál es el papel de las enzimas de restricción en la tecnología del ADN recombinante?

A) Amplifican las muestras de ADN.
B) Son vehículos para el traslado de fragmentos de ADN.
C) Permiten la unión de fragmentos de ADN.
D) Permiten la transformación bacteriana.
E) Son tijeras moleculares que cortan el ADN en segmentos específicos.

Resolución

La importancia de las enzimas de restricción radica en la gran especificidad para reconocer una secuencia corta de ADN bicatenario e hidrolizar un enlace fosfodiéster en cada hebra, siempre en la misma posición.

Cada enzima se caracteriza por su sitio, o secuencia de reconocimiento, o de restricción, o secuencia diana.

Clave **E**

Lumbreras Editores

Preguntas propuestas

1. El término biotecnología fue acuñado en 1917 por un ingeniero húngaro Karl Ereky, con la finalidad de describir las técnicas por las cuales se forman productos a partir de materiales crudos con ayuda de la actividad metabólica de organismos vivos. ¿Desde cuándo el hombre utiliza técnicas biotecnológicas?

   A) el descubrimiento del ADN
   B) la clonación de Dolly
   C) los inicios de la humanidad
   D) la aparición de la tecnología del ADN recombinante
   E) el secuenciamiento del genoma humano

2. La tecnología del ADN recombinante engloba una serie de procedimientos para extraer, cortar, sintetizar, identificar, amplificar y secuenciar el ADN. Este procedimiento implica un conjunto de pasos. Determine el valor de verdad (V o F) de los siguientes enunciados sobre los pasos de la tecnología del ADN recombinante.

   I. aislar el gen a transferir
   II. usar un vector para incorporar el gen
   III. enuclear la célula somática
   IV. copiar el ADN recombinante

   A) FVFV B) FFVV C) VVVV
   D) VVVF E) VVFV

3. Según la FAO, para el año 2030 la población mundial habrá alcanzado los 8000 millones de personas, por ello, la producción alimentaria debe aumentar hasta un 70% para alimentar al mundo, ¿qué tipo de herramienta biotecnológica podría incrementar la producción alimentaria?

   A) transgenia
   B) enzimas de restricción
   C) reacción en cadena de la polimerasa
   D) hibridación
   E) clonación

4. ¿Cuál de las siguientes moléculas no interviene en los procesos de la tecnología del ADN recombinante?

   A) plásmidos
   B) gen
   C) cósmidos
   D) enzimas de restricción
   E) transgén

5. Las enzimas de restricción son capaces de cortar el ADN en sitios específicos rompiendo las uniones entre nucleótidos al interior de la cadena de ADN. ¿Qué nombre reciben los extremos del corte en la cadena de ADN después de utilizar estas enzimas de restricción?

   A) recombinantes
   B) cohesivos
   C) palindrómicos
   D) complementarios
   E) polimórficos

6. Si combinamos un fragmento de ADN humano con otro, procedente de una bacteria, estamos creando una nueva molécula de ADN, resultado de mezclar dos moléculas de ADN de diferente procedencia. ¿Qué nombre recibe esta nueva molécula de ADN formado?

   A) ADN palindrómico
   B) ADN clonado
   C) ADN subclonado
   D) ADN complentario
   E) ADN recombinante

Lumbreras Editores

7. Los cerdos, las cabras y las vacas están entre los animales que son utilizados como sistemas capaces de proporcionar una maquinaria biocatalítica para obtener un producto biológico. Algunos de sus tejidos, como el de la glándula mamaria, poseen la capacidad de producir enormes cantidades de proteínas humanas como la hormona de crecimiento humana, la albúmina, la antitrombina III, etc. ¿Cómo se denominan estos animales modificados genéticamente?

A) clonados
B) mutantes
C) *knock out*
D) transgénicos
E) híbridos

8. En la actualidad, los avances médicos, a nivel del tratamiento de enfermedades genéticas, incluyen la posibilidad de cambiar el gen defectuoso de una célula por un gen normal. A esto se le denomina

A) clonación.
B) terapia celular.
C) terapia génica.
D) hibridación.
E) transgén.

9. ¿Qué nombre recibe la técnica que permitió la clonación de la oveja Dolly?

A) partición
B) transferencia nuclear de células somáticas
C) PCR
D) CRISPR/Cas9
E) fecundación *in vitro*

10. Determine la técnica que permite el mantenimiento, la supervivencia y/o multiplicación *in vitro* de células provenientes de órganos específicos o linajes celulares.

A) clonación
B) cultivo celular
C) terapia génica
D) hibridación
E) transgén

11. Señale el conjunto de técnicas que permite alterar las características de un organismo, por medio de la modificación controlada de su genoma.

A) biorremediación
B) clonación
C) ingeniería genética
D) cultivo celular
E) secuenciación de genoma

12. En el pasado, las personas diabéticas usaban insulina de animales para controlar sus niveles de glucosa en la sangre. En la actualidad, las bacterias son usadas como biorreactores para la producción de insulina humana. Esto es posible gracias al desarrollo de la

A) clonación.
B) ingeniería genética.
C) micropropagación.
D) terapia génica.
E) reacción en cadena de la polimerasa.

13. Si se desea estudiar un grupo de microorganismos, donde su aislamiento y cultivo son difíciles de conseguir, ¿qué técnica de la biotecnología se podría utilizar?

A) reacción en cadena de la polimerasa
B) terapia celular
C) clonación
D) hibridación *in situ*
E) micropropagación

Lumbreras Editores

14. Determine qué representa el siguiente gráfico.

A) la amplificación de un segmento de ADN por PCR
B) el cultivo de células a partir de tejido
C) el aislamiento de un microorganismo por hibridación *in situ*
D) la clonación de células madre
E) la separación de ADN por electroforesis

15. Determine el conjunto de técnicas que utiliza células vivas, cultivo de tejidos o moléculas derivadas de un organismo, por ejemplo, las enzimas para obtener o modificar un producto, mejorar una planta o un animal, o desarrollar un microorganismo para utilizarlo con un propósito específico.

A) organismos genéticamente modificados
B) biotecnología tradicional
C) biotecnología moderna
D) PCR
E) *microarray* con sondas

16. La transformación genética de un animal para lograr la producción de una proteína de interés en la leche, la sangre u orina, convierte al animal en un

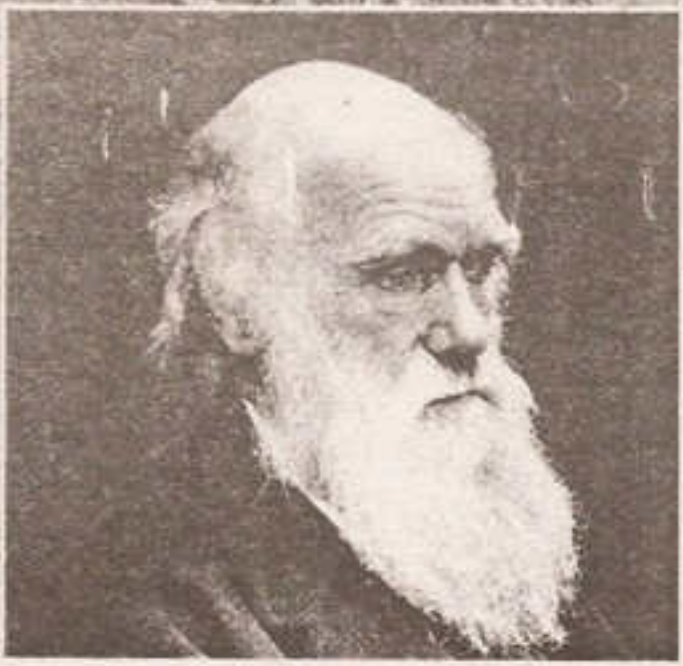
A) cultivo animal.
B) biorreactor.
C) clon.
D) cultivo de órganos.
E) cultivo celular primario.

17. Determine la técnica que permite copiar muchas veces un fragmento específico de ADN, tal operación necesita de la enzima ADN polimerasa, que en este caso es termorresistente para soportar las elevadas temperaturas que se emplean en la etapa de separación de las dos cadenas de ADN en cada ciclo de copiado.

A) micropropagación
B) hibridación *in situ*
C) PCR
D) CRISPR/Cas9
E) *microarray* con sondas

Unidad

V



Evolución

Luis Douglas Puma Tinco
Johnny Rodolfo Cáceres Rojas

CALA
PNHO

CAPÍTULO XVI

EVOLUCIÓN DE LOS SERES VIVOS

Objetivos

- Comprender los postulados propuestos por el principio de la evolución en el presente.
- Reconocer los modelos evolutivos propuestos por la biología evolutiva en el presente.
- Identificar las distintas evidencias evolutivas propuestas por la biología evolutiva actualmente.

Introducción

El principio de la evolución biológica está enmarcado en la concepción dialéctica del mundo, la cual propone el cambio perpetuo de la naturaleza, frente a la concepción del mundo de tipo metafísica que propone una inmutabilidad absoluta de esta. Ahora bien, a partir de este cambio perpetuo es que surge la diversidad de seres vivos como una forma de movimiento de la materia y se convierte en la principal base teórica de la evolución. El mundo vivo no es ni constante ni perpetuamente cíclico, sino que está siempre cambiando; este cambio perpetuo de la Tierra y de los organismos que habitan en ella se puede evidenciar de forma directa mediante el registro fósil, por ello, la importancia del estudio de los tiempos geológicos en la historia de la Tierra.

La evolución de los seres vivos es importante para la ciencia porque introduce la causa-efecto de tipo histórica, sujetada principalmente por la probabilidad y el azar; frente al pensamiento que propone que la naturaleza está determinada principalmente por leyes mecánicas. En esta evolución de los seres vivos, la supervivencia del individuo depende de su mejor adaptación al medio. La teoría de la evolución se muestra entonces solo como una expectativa razonable. En ella no se da una relación causal obligatoria entre una variación favorable y la supervivencia, más bien son causas probabilísticas las que defienden esta teoría. Entonces la causalidad de la teoría de la evolución es histórica porque trata de explicar procesos no observados de manera directa, mediante mecanismos no observados actualmente.

En cada aspecto del estudio de los procesos evolutivos se emplean los avances técnicos y procedimentales alcanzados por las ciencias. En ese sentido, todas las ramas del conocimiento han contribuido al desarrollo de la moderna concepción y al entendimiento de la evolución. Por ello, la concepción evolutiva moderna es una síntesis del pensamiento humano y de la ciencia.

1 ▸ Antecedentes de las teorías evolutivas

El principio de evolución biológica, como parte del principio de la evolución de la naturaleza, es producto del desarrollo intelectual del ser humano a través del tiempo. El filósofo griego Anaximandro (siglo VI a. n. e.) propuso la idea de evolución, según esta, el hombre al igual que los otros seres vivos proceden de un pez. El filósofo Aristóteles (siglo III a. n. e.) consideraba que los seres vivos habían existido siempre y eran imperfectos, pero "avanzan hacia un estado más perfecto". Los filósofos posteriores, con influencias fijistas de Parménides, Sócrates y Platón, y de acuerdo con las enseñanzas del Antiguo Testamento, asumían las teorías fijistas en el que se proponen que las especies actualmente existentes han permanecido básicamente invariables desde la Creación; por lo tanto, la naturaleza en su totalidad se describe como una realidad definitiva, inmutable y acabada. Una de estas teorías fijistas es la *vis plastica*, que suponía que los fósiles eran caprichos de la naturaleza (*ludus naturae*). Estas teorías no tuvieron muchos defensores en el ámbito científico, pues eran fácilmente refutables.

1.1. Fijismo versus evolucionismo

1.1.1. Carl von Linneo

Carl von Linneo

Fue quien formalizó el fijismo como hipótesis científica. Este reconocido naturalista sueco propuso las bases de la taxonomía moderna y desarrolló formalmente el fijismo. Propuso que todas las especies se habían creado de forma separada y de manera independiente, negando la posibilidad del origen común de los seres vivos. Se debe mencionar que el objetivo fundamental de Linneo era establecer la grandeza de Dios (el más poderoso) y de su creación con lo que era consecuente.

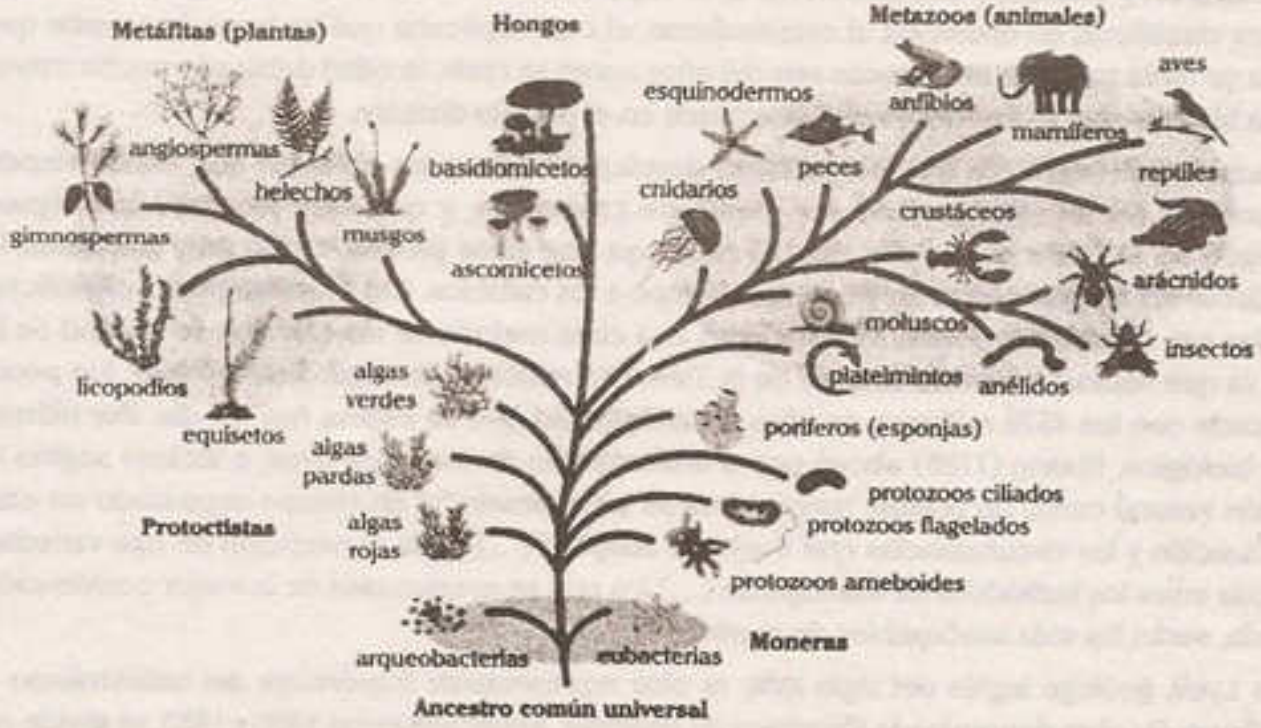
En el siglo XVII se desarrollaron el humanismo y el positivismo, esto trajo consigo el método experimental y así, la evidencia de cada fenómeno dio un giro a la concepción de la naturaleza. La información acumulada sobre los diversos organismos, el hallazgo de los fósiles y una mejor interpretación de la geología brindaron una visión de los seres vivos en constante transformación como respuesta lógica. Los estudiosos de la naturaleza se dividieron en dos campos: los partidarios del transformismo y aquellos partidarios del fijismo.

1.1.2. Georges Louis Leclerc, conde de Buffon

Georges Louis Leclerc

Frente a la teorías fijistas, propone nuevas posiciones de carácter evolucionistas, el mejoramiento y la degeneración como procesos de alteración de la constitución original de los seres vivos; por lo tanto, los fósiles serían posibles antecesores de los seres existentes actualmente. Señala que es difícil la explicación que le ofrecen los textos religiosos, afirma que la interpretación del Génesis no debe ser literal y que los días del que habla Moisés son precisamente las épocas descubiertas por él. Siempre influenciado por las creencias religiosas de su época, establece siete épocas para los cambios sucesivos de la naturaleza, según los hechos, monumentos y tradiciones. Inclusive, el transformismo del autor está limitado solo al interior de las especies.

Fijismo vs. evolucionismo. El fijismo sostiene, a diferencia del evolucionismo, que las especies actualmente existentes han permanecido básicamente invariables desde la creación. Es una postura no científica y relacionada con las creencias religiosas. En cambio, el evolucionismo propone las relaciones genealógicas entre los seres vivos, producto de la evolución de organismos ancestrales.



1.2. LOS FÓSILES Y EL EVOLUCIONISMO

Los fósiles (que proviene del latín *fodere*, 'excavar') son los restos o señales de la actividad de organismos pretéritos. Estos fueron descubiertos por los primeros hombres, atribuyéndoseles un significado mágico. Basándose en la sucesión y evolución de las especies en el curso de los tiempos geológicos, la presencia de fósiles permite datar las capas del terreno con mayor o menor precisión, dependiendo del grupo taxonómico y grado de conservación.

En Grecia, Jenófanes de Colofón ya postulaba que los fósiles eran restos de criaturas de antaño, la misma idea fue sostenida durante el Renacimiento por Girolamo Fracastoro de Verona y Giordano Bruno.

En el siglo XIX, Georges Cuvier, naturalista francés que desarrolló la anatomía comparada y la paleontología, fue otro de los grandes naturalistas que se posicionaron a favor del fijismo. Propuso una teoría fijista más elaborada, la cual denominó teoría del catastrofismo, ante las evidencias de fósiles que contradecían el fijismo. Esta teoría menciona que los cambios geológicos y biológicos producidos en nuestro planeta se debían a cambios repentinos y violentos, no a cambios graduales. Asimismo propuso que los fósiles eran el resultado de la extinción de animales creados por Dios en las catástrofes bíblicas o el producto de sucesivas creaciones.

3. LOS ESTUDIOS DE GEOLOGÍA

James Hutton, geólogo escocés del siglo XVIII, propone la teoría uniformista o gradualista, opuesta a la teoría del catastrofismo de Cuvier, incluye teorías de geología, del tiempo geológico y su escala, también denominado tiempo profundo. Su teoría sobre la Tierra cambió de forma significativa la percepción de su edad, del ciclo de las rocas y en general de la geología. Lo que ocurre en la Tierra del presente debería explicar lo que había acontecido en el pasado. Hutton concluyó que debió haber varios ciclos y cada uno de estos involucraba deposiciones en el fondo del mar, elevación con inclinación y erosión, y deposición de otras capas. Formuló el concepto de tiempo profundo con fines científicos, en oposición al catastrofismo, el cual explicaba que en lugar de aceptar que la Tierra no tenía más que unos pocos seis mil años como se creía, la edad debía ser mucho mayor con una historia que se extendía indefinidamente en el pasado distante.

Su principal argumento era que los enormes desplazamientos y los cambios que estaba viendo no ocurrieron en un corto periodo por medio de catástrofes, y que esos procesos que siguen ocurriendo en la Tierra hoy en día eran su causa; ya que estos procesos eran muy graduales, la Tierra debía ser antigua con el fin de otorgar tiempo a los cambios. Las investigaciones científicas, alentadas por sus declaraciones, establecieron una clara mejoría de los cálculos de la edad de la Tierra, ya que habían retrasado la edad de la Tierra en millones de años. Sin embargo, fue poco, comparado con los 4570 millones de años de antigüedad que se estima hoy en día. Por último, a nivel biológico, Hutton (1785) abogó por el uniformismo de los seres vivos, e incluso sugirió la selección natural como un posible mecanismo de las mismas: "si un cuerpo organizado no está en la situación y las circunstancias que mejor se adapten (...) en la concepción de una variedad indefinida entre los individuos de esa especie (...) los que se apartan más de la mejor constitución adaptada, serán los más susceptibles de morir".

Charles Lyell, geólogo inglés del siglo XVIII, es otro representante importante del uniformismo o gradualismo. Su obra denominada *Principios de geología*, publicada entre 1830 y 1833, se divide en tres: actualismo, explicación de los fenómenos pasados a partir de las mismas causas que operan en la actualidad; uniformismo, los fenómenos geológicos pasados son uniformes, excluyendo cualquier fenómeno catastrófico, y equilibrio dinámico, la historia de la Tierra se rige por un ciclo constante de creación y destrucción. Esta última la aplica luego al mundo de los seres vivos, al afirmar que en la historia de la vida se habían dado periodos sucesivos de extinción y creación de especies: el movimiento aleatorio de los continentes habría originado profundos cambios climáticos y muchas especies, al no poder emigrar o competir con otros grupos biológicos, se habrían extinguido, siendo sustituidas por otras creadas mediante leyes naturales. Lyell estableció entonces que cada estrato geológico, independiente del lugar donde se encontrase, contenía tipos característicos de fósiles.

En cada capa de rocas sedimentarias se fueron hallando especies diversas cada vez más complejas hasta que, llegados a los niveles más altos de la corteza terrestre, aparecían fósiles de mamíferos parecidos a los actuales. Ante ello surgieron diversas preguntas, por ejemplo: ¿estaban separadas en el tiempo esta secuencia de fósiles? Y si era así, entonces, ¿sería posible que estas especies tan similares, pero tan distantes en el tiempo estuvieran relacionadas de algún modo? Otro aspecto importante fue la biogeografía. Iniciadas las exploraciones marítimas a nivel mundial, los naturalistas se dieron cuenta de que muchas plantas y animales solo viven en sitios aislados como las remotas islas del océano. También se observó que algunas especies, que viven en sitios muy distintos, son bastante semejantes entre sí. Por último, a nivel de la morfología comparativa o estudio sistemático de las semejanzas y diferencias en los planos corporales, surgen preguntas como por ejemplo, si los planos básicos del cuerpo eran perfectos, ¿por qué habían partes que no cumplían ninguna función? Todos estos antecedentes fueron importantes para que se propongan las grandes teorías evolutivas del siglo XIX.

2▸ TEORÍAS EVOLUTIVAS

2.1. LAMARCKISMO (TRANSFORMISMO FRANCÉS)

2.1.1. Antecedentes

La primera explicación coherente de la evolución se debe al naturalista francés Jean Baptiste de Monet, conocido como el caballero De Lamarck. A diferencia del pensamiento evolucionista de Darwin; al que se le puede atribuir una influencia directa de su abuelo Erasmus, del propio Lamarck y de una comunidad científica en el que la obra de Lamarck habría generado cierta inquietud evolucionista; los antecedentes de Lamarck son poco claros, además que elaboró su teoría en una época en que los postulados de su obra recibieron una respuesta hostil. El fijismo estaba perfectamente establecido y su propuesta evolucionista (también denominada transformismo) tuvo que enfrentarse al dogma religioso de la creación bíblica y al pensamiento científico del muy influyente Cuvier. En lo que respecta a la ley del catastrofismo propuesta por Cuvier, él la rechaza (siguiendo el razonamiento de la "navaja de Okham") en su obra *Filosofía zoológica* (1809): "Las catástrofes locales, como las que producen temblores de tierra, volcanes y otras causas particulares, son bien conocidas (...) Pero ¿por qué suponer, sin pruebas, una catástrofe universal cuando la marcha de la naturaleza mejor conocida basta para dar razón de todos los hechos que observamos en todas sus partes?". Lamarck es quizá uno de los personajes cuyas ideas han sido grandemente tergiversadas o mal utilizadas, tomando como principales sus planteamientos secundarios. La mayoría de investigaciones positivistas ha resaltado las limitaciones de su concepción evolucionista.

2.1.2. Postulados

a. Complejización

Según Lamarck hay un principio creador universal, un esfuerzo inconsciente y ascendente en la *scala naturae* que impulsaba a cada ser vivo hacia un grado de complejidad mayor. Lamarck propone que los seres vivos se encuentran en continua complejización, experimentando cambios, en el tiempo, como resultado de algún fenómeno natural más que de intervención divina. Lamarck (1809) propuso que la vida evolucionaba "por tanteos y sucesivamente" y "que a medida que los individuos de una de nuestras especies cambian de situación, de clima, de manera de ser o de hábito reciben por ello, las influencias que cambian poco a poco la consistencia y las proporciones de sus partes, de su forma, sus facultades y hasta su misma organización".

Lamarck utiliza el término "perfecto" en contraposición a "simple". Según el autor, los organismos evolucionan necesariamente a través del tiempo en un proceso que pasa de manera continua de formas más simples a otras más complejas. En todo caso utiliza el término "perfecto" para referirse a las complejas especies actuales en contraposición a las primigenias que él sostuvo que surgieron en un estado de simpleza o "imperfección", refiriéndose a "los más imperfectos de los animales" para referirse a los más simples, y los "más perfeccionados" para referirse a los más complejos y actuales. Por último, a esa gran tendencia debe agregarse la noción de que las distintas formas de vida pueden detenerse en los distintos estadios, o aun desviarse hacia caminos laterales.

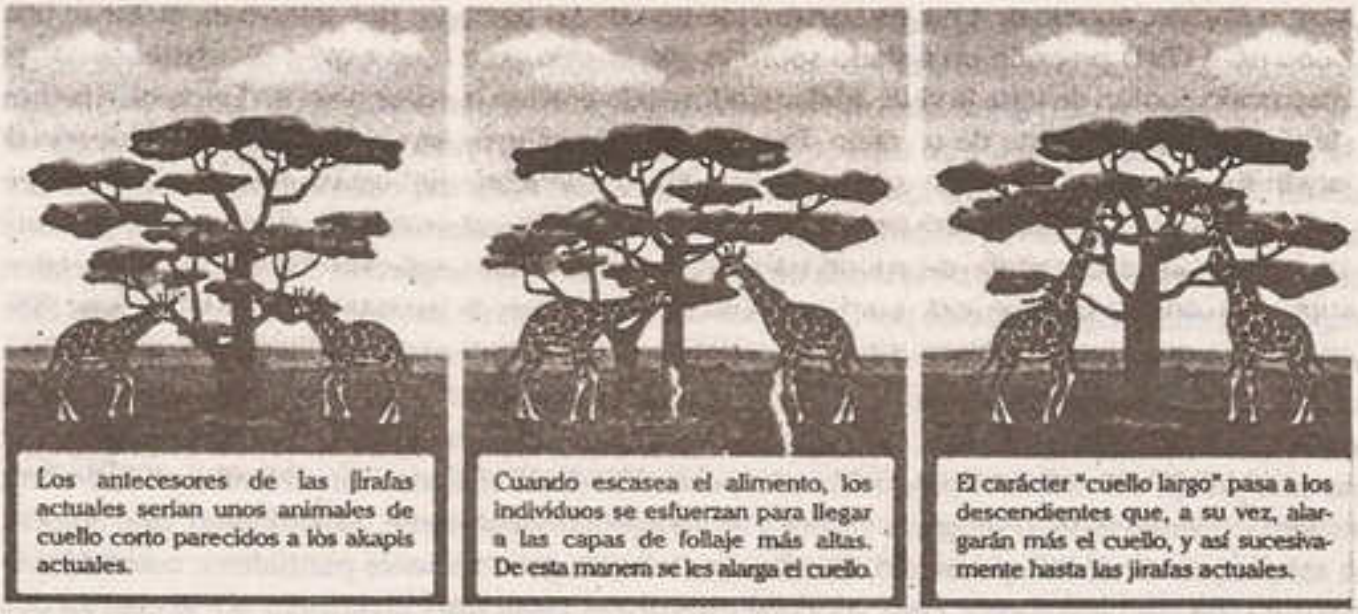
b. Adaptación al medio ambiente

La adaptación de las especies al entorno es fundamental en su evolución. Si bien desde el darwinismo también se acepta la estrecha relación entre especies y ambiente, una diferencia sustancial entre lamarckismo y darwinismo es la forma en que los organismos se adaptan a esas diferentes circunstancias. En el lamarckismo, primero son los cambios en los hábitos forzados por las circunstancias y, posteriormente, en respuesta a esas nuevas necesidades conllevaría a una lenta adaptación de los organismos que, con el paso del tiempo, quedaría fijada genéticamente. El que un grupo de animales o plantas se viesen obligados a cambiar sus hábitos, forzaría cambios orgánicos para adaptarse a las nuevas circunstancias. Así, los organismos tienen que adaptarse a la disparidad y variedad de medios, ello explica la diversidad existente dentro del mismo rango de complejidad.

c. Uso y desuso, y herencia de caracteres adquiridos

Según Lamarck, los órganos en los animales se hacen más fuertes o más débiles, más o menos importantes, por el **uso** o **desuso**. El postulado de Lamarck se refería a las transformaciones que ocurren, por las diferentes circunstancias a las que están sometidos los organismos, van a ser fijadas en el grupo por medio de la naturaleza, siempre que se encuentren sometidos a estas circunstancias y que se mantengan en el tiempo. Como menciona Lamarck (1809): "Todo cambio de un ser que lo transforma en otro ser, implica (...) satisfacer una necesidad concreta, una mayor capacidad de respuesta a las exigencias vitales". El ejemplo más famoso fue la evolución de la jirafa, en el cual propone que algunos organismos podían quedar atrapados; el orangután, por ejemplo, había sido desviado de su curso al ser atrapado por un ambiente desfavorable, pero la voluntad estaba siempre presente. Cuando Lamarck se refiere a voluntad, la propone como la facultad que emana del sistema nervioso, la cual sería una fuerza que conduciría a la evolución. Las circunstancias ambientales producen necesidades nuevas, y el organismo responde con nuevas acciones.

Es importante aclarar para concluir los postulados del lamarckismo, que la tesis de la **herencia de los caracteres adquiridos** (durante la vida de los organismos) es una segunda ley que, en su obra *Filosofía zoológica* aparece subordinada a una primera ley de complejización progresiva. De este modo, la primera ley de complejización progresiva y regularidad progresiva es interferida por esa otra segunda ley, que recoge el influjo que el medio (casi caótico en su variedad) produce sobre los organismos. Así que esta doble fuerza es la que produce el espacio en el que se configuran las formas orgánicas en toda su variedad y complejidad. En todo caso, según Lamarck, la vida en sus formas más simples estaba surgiendo continuamente por generación espontánea para llenar el vacío dejado en el fondo de la escala.



En la primera y segunda imagen observamos el proceso del uso y desuso; mientras que en la tercera, la herencia de caracteres adquiridos.

2.1.3. Críticas a la teoría de Lamarck

La crítica más fuerte en contra de Lamarck, desde el punto de vista de las ciencias naturales, se origina con el mal entendimiento de la herencia de los caracteres adquiridos.

Se ha tratado de vincularlo con cierto tinte teológico y teleológico, Ludmilla Jordanova en *Lamarck* explica que "parecía que en la naturaleza había un propósito preordenado (...) sin embargo, él pensaba que fuera de la naturaleza no había propósito ninguno, y que los seres humanos eran tan solo una especie entre las muchas que la naturaleza había producido". Otro de los aspectos que se argumentan en contra de la teoría de Lamarck es que propugna una evolución lineal, incompatible con los hallazgos fósiles, la distribución de los organismos y la correlación entre estructura y función de los órganos.

2.2. DARWINISMO

2.2.1. Antecedentes

Hasta la publicación del libro *El origen de las especies* de Charles Darwin (1809-1882) en 1859, la concepción del mundo orgánico como una creación sobrenatural era dominante en la tradicional cultura europea. Sin embargo, en la teoría propuesta por Darwin, el ser humano no ocupa ningún lugar privilegiado dentro del mundo vivo, ni existen causas finales, ni tampoco el desarrollo de un dualismo cuerpo-mente, pues la generación y evolución de los sistemas nerviosos son procesos estrictamente biológicos y, por ende, físicos. En pleno auge de la teoría de la selección natural propuesta por Charles Darwin, y tras las controversias iniciales, el concepto de la selección natural y las relaciones interespecíficas fueron trasladadas a las relaciones sociales; sin embargo, no existe un método claro para aplicar lo biológico a lo social y, así, bajo la denominación de darwinismo social se han calificado ideologías, muchas veces contrapuestas que podían defender el libre mercado, el socialismo de estado, el imperialismo o la eugenesia. Muchas de estas tendencias tienen poco que ver con las ideas de Darwin, quien sí defendió la eugenesia voluntaria.

Erasmo Darwin, abuelo de Charles Darwin, fue una de las personas que influyó en él. En su obra *Zoonomía* (1794) propone un tratado sobre la generación en el que explica la existencia de un antepasado común de toda la vida, adelantándose a la postura transformista de Lamarck e incluso a la postura evolucionista de su nieto. Pero quien más influyó para el desarrollo de la teoría de Darwin fue el geólogo Charles Lyell, quien se opuso a la teoría del catastrofismo propuesto por Cuvier, presentando nuevas evidencias en apoyo a la teoría uniformista de Hutton. Otra persona que influyó para el desarrollo de la teoría de Darwin fue el clérigo anglicano Thomas Malthus, quien propuso un ensayo que fue leído por Darwin en 1838 al regreso de su viaje a bordo del Beagle. Este ensayo proponía que la población humana estaba incrementándose tan rápidamente que en poco tiempo sería imposible alimentar a todos los habitantes del planeta. Darwin vio que la conclusión de Malthus era válida para todas las especies, no solo para la humana. Por ejemplo, calculó que una sola pareja de elefantes produciría una población de 19 millones de elefantes en 750 años, siempre y cuando toda su progenie viviera y reprodujera normalmente. Sin embargo, esto no ocurre así porque el número promedio de crías de elefantes generalmente permanece constante en solo dos crías por cada pareja. Pero, ¿por qué esos dos en particular? El proceso, por el cual los dos sobrevivientes son elegidos, fue denominado selección natural. Este proceso de selección natural es análogo al proceso de selección artificial, practicado por los criadores de ganado, caballos, perros o palomas. Las teorías darwinistas son evolucionistas, pero su aportación clave es el concepto de selección natural, considerado determinante para explicar la causa de la evolución y que en su posterior desarrollo, con numerosas aportaciones y correcciones, permitirá la formulación de la teoría de la evolución actual o síntesis evolutiva moderna. Por tanto, es igualmente equivocado usar el término darwinismo para referir la actual teoría de la evolución, ya que esta no se reduce solo a las ideas postuladas por Charles Darwin.

En 1858, Darwin recibió un manuscrito de Alfred Wallace, un naturalista inglés que vivía en Malasia, en el que se resumían los principales puntos de la teoría de la selección natural, en la cual Darwin estaba trabajando más de dos décadas. Este evento lo estimuló para que el 23 de noviembre de 1859 publicara su principal obra: *Sobre el origen de las especies por medio de la selección natural, o la conservación de las razas favorecidas en la lucha por la vida*, luego titulada *El origen de las especies*. El libro fue escrito para lectores no especializados, y suscitó un gran interés a partir de su publicación. Como Darwin fue un científico eminente, sus conclusiones fueron tomadas en serio y la evidencia que presentó generó un debate científico, filosófico y religioso. El debate sobre el libro contribuyó a la campaña de Thomas Huxley y sus compañeros del "X Club" para seculizar la ciencia, promoviendo el naturalismo científico.

Sin embargo, durante el eclipse del darwinismo, desde 1880 hasta la década de 1930, se le dio más importancia a otros mecanismos de evolución de tipo no darwiniana, por ejemplo, las mutaciones. Como se pone de manifiesto en *El origen del hombre y la selección en relación al sexo*, Darwin reflexiona en las implicaciones de su teoría evolutiva propuesta en *El origen de las especies*, pero esta vez sobre el origen de la humanidad, ya que el tema de la evolución humana no había sido tratado con profundidad. Muchos consideran que Wallace merece tanto crédito como Darwin por su teoría de la selección natural, aunque la obra de Darwin presenta una teoría con una mayor cantidad de observaciones y una mejor argumentación. Charles Darwin realizó muchas investigaciones, llegando así a sus propias teorías con métodos rudimentarios y puramente caseros: en el jardín de su casa observaba con instrumentos muy básicos la evolución de las plantas, y así de forma completamente empírica y poco sofisticada llegaba a sus conclusiones.

2.2.2. Viaje a bordo del Beagle (1831-1836)

El viaje del Beagle es el título más común del diario de viaje que Charles Darwin publicó en 1839, titulado originalmente *Diario y observaciones*. Aunque se calculó que la embarcación regresaría en dos años, el HMS Beagle no volvió a tocar la costa de Inglaterra hasta el 2 de octubre de 1836, casi cinco años después. El libro reúne sus emocionantes memorias de viaje, así como anotaciones de índole científica relativas a la biología, la geología y la antropología que prueban la extraordinaria capacidad de observación de su autor.

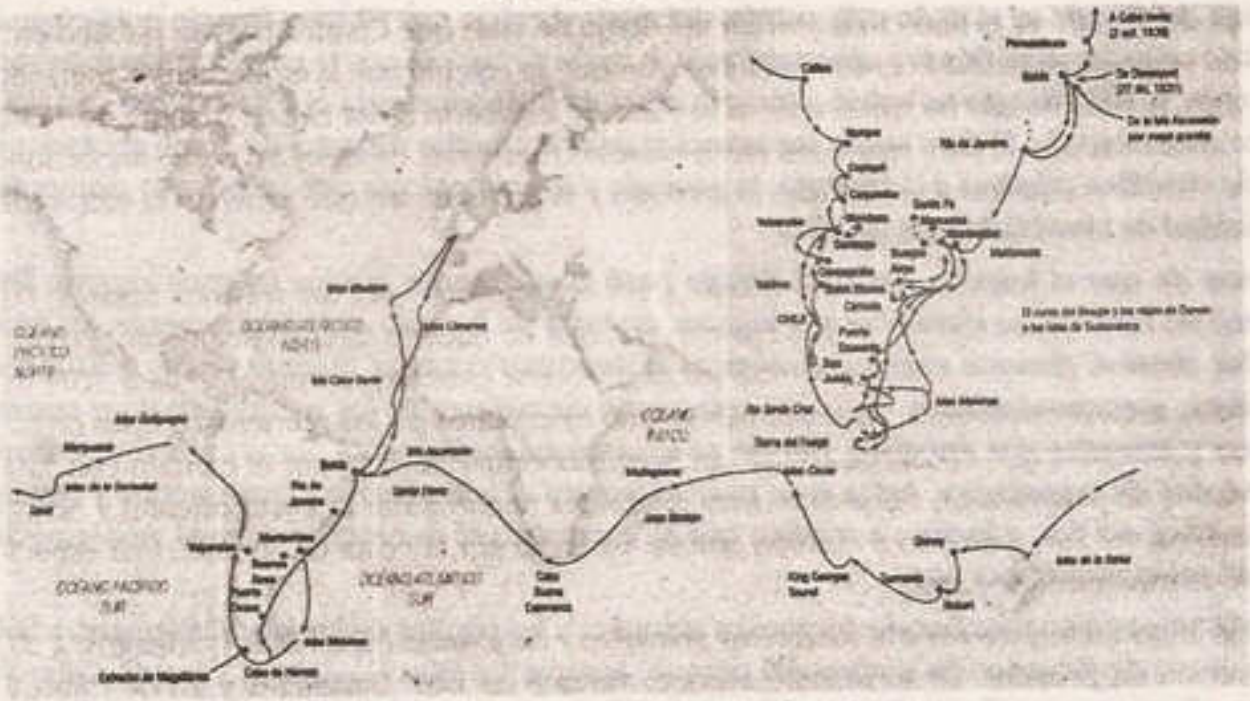
A pesar de que el trayecto del HMS Beagle pasó en ocasiones por los mismos lugares, Darwin ordenó las referencias científicas por lugares, en lugar de hacerlo cronológicamente. En América del Sur observó diversos estratos geológicos al descubrir conchas marinas fósiles a 3700 metros de altura, aproximadamente. También coleccionó ejemplares de los numerosos tipos nuevos de plantas y animales que encontró. Darwin se impresionó fuertemente por el cambio constante de variedades de organismos, estos eran muy diferentes al comparar la costa oriental y occidental de América del Sur, e incluso a medida que se ascendía por la costa occidental, una especie iba siendo reemplazada por otra.

Lo más importante para Darwin fueron los animales y las plantas de las islas Galápagos, a 950 km de la costa de Ecuador. Se sorprendió porque, aunque las islas Galápagos y las de Cabo Verde tenían clima y topografía similares, su fauna y su flora eran completamente diferentes. Por sus conocimientos de geología, Darwin sabía que estas islas, de claro origen volcánico, eran mucho más jóvenes que el continente. Se preguntó por qué los organismos de las islas Galápagos eran más parecidos a los del continente que a los de otras islas de diversas partes del mundo. Aunque había semejanzas entre especies de las Galápagos y las continentales, también había claras diferencias. Incluso había diferencias reconocibles en los reptiles y las aves de una y otra isla.

En su viaje, Darwin tuvo oportunidad de recabar datos sobre la distribución biogeográfica de las aves pinzón en las islas Galápagos. En ese tiempo, Darwin pensaba que todos los individuos recolectados eran variaciones de la misma especie. Pero tras el informe realizado por el ornitólogo J. Gould llegó a la conclusión de que eran especies diferentes, Darwin se preguntó cómo individuos tan parecidos morfológicamente y que habitaban una misma región geográfica podían tratarse de especies diferentes. Así, a partir de la lectura del texto de Malthus, Darwin pudo articular su concepción de especie como población en lucha constante entre su propio tamaño y la cantidad limitada de recursos. La lucha por la existencia marcaba el proceso evolutivo en tanto que los individuos que habían heredado pequeñas variaciones favorables tenían mayor oportunidad de sobrevivir y de transmitir su herencia. En resumen, la vida en las islas Galápagos debía haberse originado en el continente y después haber sufrido modificaciones en las diversas condiciones ambientales de las distintas islas. Las observaciones sobre las características únicas de sus animales y plantas fueron, según propias palabras de Darwin, "el origen de todas mis ideas".

El libro fue reeditado en numerosas ocasiones y publicado bajo diferentes títulos. En la primera edición, y refiriéndose a la similitud entre la fauna de las islas Galápagos y la del continente, Darwin (1839) señalaba que "la circunstancia podría ser explicada, según algunos autores, mediante un poder degenerativo que hubiese actuado de acuerdo a la misma ley en un área muy extensa (...)". Las ediciones posteriores sugerían nuevas ideas sobre la evolución: "Considerando el reducido tamaño de aquellas islas, nos sentimos más que asombrados por la cantidad de criaturas autóctonas, y por su limitada expansión (...)".

El viaje del Beagle



2.2.3. Teorías darwinianas

El biólogo Ernst Mayr considera que el darwinismo debe contemplarse bajo cinco teorías principales con orígenes y destinos diferentes, y no se pueden discutir con precisión como si se tratase de un solo razonamiento.

a. Cambio perpetuo

Esta es la teoría fundamental de la evolución y sobre la que se basan las demás. Establece que el mundo vivo no es ni constante ni sigue un ciclo perpetuo, sino que está en cambio permanente. Las propiedades de los organismos sufren transformaciones a través de las generaciones a lo largo del tiempo. Se originó en la antigüedad, pero no tuvo amplia aceptación hasta que Darwin la defendió en el contexto de las otras cuatro teorías. Está documentada por el registro fósil, que rechaza claramente el origen reciente de todas las formas de vida defendido por los creacionistas. Al haber resistido repetidas comprobaciones y estar apoyado por un inmenso número de observaciones, actualmente se considera a esta teoría como un hecho científico.

b. Ancestro común

Establece que todas las formas de vida descienden de un antecesor común a través de la ramificación o diversificación de los distintos linajes. La evidencia de un ancestro común puede encontrarse en las características compartidas entre todos los organismos vivientes. En la época de Darwin solo se podía encontrar evidencia de características compartidas por observación de similitudes en la morfología, tales como el hecho de que todas las aves tienen alas (aun aquellas que no vuelan). Actualmente, la teoría de la evolución ha encontrado evidencia que la respalda, debido al estudio del ADN por parte de otra rama de la ciencia, la genética. Por ejemplo, todos los seres vivientes utilizan ácidos nucleicos como material genético y adicionalmente los mismos veinte aminoácidos como las piezas de construcción para las proteínas. Estos estudios confirman que la historia de la vida posee la forma de un árbol evolutivo ramificado y conocido como filogenia.

Las especies que comparten un antecesor en común relativamente reciente, también comparten más caracteres similares en todos los niveles de los que lo hacen las especies cuyo antecesor común es más remoto. Mucha de la investigación actual sobre esta teoría que reconstruye la filogenia de la vida se basa en los patrones de semejanzas y diferencias observados entre las especies. Engels en su obra, el *Antiduring*, cita a Darwin, el cual propone "a todos los seres no como creaciones particulares, sino como descendencia, en línea recta, de unos pocos seres".

c. Divergencia

El proceso evolutivo produce nuevas especies mediante la división y transformación de las antiguas. Actualmente y de forma general se considera a las especies como poblaciones de organismos reproductivamente distinguibles, que usualmente pero no siempre, difieren unas de otras por la forma del organismo. Una vez formada completamente determinada especie, no se producen cruces reproductores entre miembros de especies diferentes. Según el principio de la divergencia, los grupos con más géneros resultaban ser los que presentaban más especies y más subespecies. Como explica Darwin en *El origen de las especies*: "Cuanto más seres orgánicos divergen en estructura, hábitos, constitución, mayor número podrá sobrevivir en el área (...) cuanto más diversificados lleguen a ser los descendientes, mayores serán sus probabilidades de éxito en la lucha por la vida".

d. Gradualismo

Las grandes diferencias de los rasgos anatómicos, que caracterizan a especies distintas, se originan mediante la acumulación de muchos cambios menores que se van incrementando durante larguísimos periodos de tiempo. Esta teoría es importante porque los cambios genéticos, que producen efectos muy grandes sobre la forma corporal, son generalmente perjudiciales para el organismo. Sin embargo, es posible que algunas variaciones genéticas, que provoquen grandes efectos sobre el organismo, sean de todas formas lo suficientemente beneficiosas como para ser favorecidas por la selección natural. Por lo tanto, aunque se sabe que la evolución gradual existe, puede que no explique el origen de todas las diferencias estructurales que observamos entre las especies. Este problema aún se está estudiando activamente.

Charles Darwin estuvo profundamente influido por la lectura de los *Principios de Geología* de Lyell. Partiendo del uniformismo metodológico, propuesto por este autor que prohíbe la recurrencia de toda fuerza o fenómeno que no puede ser observado en el presente. Sin embargo, actualmente, el gradualismo filogenético es acusado de funcionar bien para los cambios intrapoblacionales, pero no para los grandes saltos evolutivos. En este contexto se sitúa, por ejemplo, la teoría del equilibrio puntuado de Stephen Jay Gould y Niles Eldredge.

e. Selección natural

La teoría más famosa propuesta por Darwin nos proporciona una explicación natural para los orígenes de la adaptación, lo que incluye todos los atributos del desarrollo y del comportamiento anatómicos y fisiológicos que mejoran la capacidad del organismo para utilizar los recursos ambientales con el fin de sobrevivir y reproducirse. Los dos conceptos clave en los que se apoya el principio de la selección natural son la variabilidad y la heredabilidad. Ambos conceptos, relativamente nuevos en el campo de la biología, ayudaron a Darwin a establecer una definición de especie satisfactoria, ya que había una gran confusión entre los naturalistas con respecto al concepto. Para justificar sus conclusiones, Darwin presentó la analogía entre la selección artificial de especies domésticas y la selección natural.

La selección "artificial" o simplemente selección es una técnica de control reproductivo mediante la cual, el hombre altera los genes de organismos domésticos o cultivados. Esta técnica opera sobre características heredables de las especies, aumentando la frecuencia con que aparecen ciertas variaciones en las siguientes generaciones y produce una evolución dirigida, en la que las preferencias humanas determinan los rasgos que permiten la supervivencia.

2.2.4. Postulados de la selección natural

La teoría de la selección natural es una explicación en base a la siguiente ley científica, tomada de la conclusión de *El origen de las especies*: "Aquellos miembros de la población con características menos adaptadas (según lo determine su medio ambiente) morirán con mayor probabilidad. Aquellos miembros con características mejor adaptadas sobrevivirán más probablemente". La selección natural incluye las siguientes observaciones e implicancias.

a. Variabilidad y herencia

Cada individuo de una población posee una combinación única de rasgos como talla, color, capacidad de tolerar condiciones ambientales adversas, resistencia a ciertos parásitos o infecciones, etc. Esta variación necesaria para la evolución por selección natural debe ser heredable. Si bien Darwin (1859) admitía que "las leyes que rigen la herencia son, en su mayor parte, desconocidas", en *La variación de animales y plantas domesticados* (1868) propuso la teoría de la pangénesis como medio para explicar la herencia de caracteres. Según esta teoría, cada órgano y estructura del cuerpo producían pequeños sedimentos denominadas gémulas que por vía sanguínea llegaban a los gametos. El individuo se formaría gracias a la fusión de estas.

Sin duda uno de los grandes aportes de Darwin a las teorías científicas fue la introducción del azar en sus consideraciones, con el que la biología moderna ganaba estatus. Las consideraciones de Lamarck acerca de la variación de los caracteres por necesidad poseían una dirección, precisamente la que marcaba la necesidad. Pero Darwin concebía las variaciones como azarosas en el sentido de que no respondían a ninguna utilidad futura: una variación aparecía, pero no como encaminada a satisfacer una necesidad. En la aparición de variaciones se da una diferencia entre sus causas y consecuencias, por lo que desaparecía la pretensión de predicción del éxito o fracaso futuro de una especie. La ausencia de dirección en el proceso evolutivo abría la vida hacia la incertidumbre.

b. Crecimiento poblacional

La capacidad reproductiva de cada especie tiene el potencial de aumentar geométricamente las poblaciones. Por ejemplo, consideremos que si se comenzara con una sola bacteria de *Escherichia coli*, asumiendo que la división celular se da cada 30 minutos, le tomaría menos de una semana a sus descendientes exceder la masa del planeta Tierra. Obviamente, la expansión exponencial no es un fenómeno restringido a las bacterias. Darwin usó a los elefantes como una ilustración del principio de rápido crecimiento poblacional. Calculando que el número de descendientes de un solo par de elefantes podría conllevar a más de 19 millones en solo 750 años.

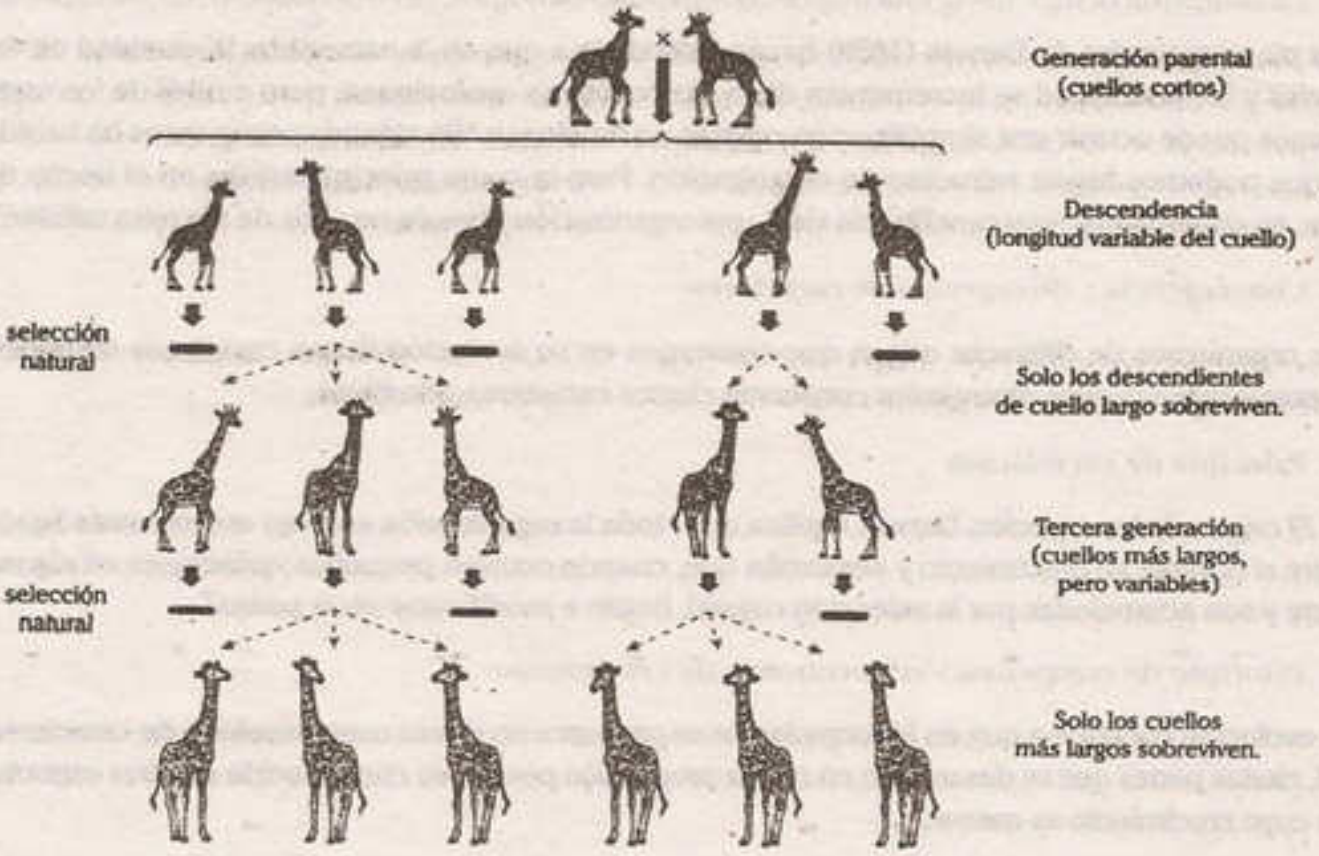
El hecho de que estas especies y todos los seres vivos del planeta posean una capacidad de masiva reproducción o superfecundidad, y que por lo tanto puedan, en principio, expandirse exponencialmente sin límite alguno, no se correlaciona con la realidad, ya que todos los seres vivos en condiciones normales mantienen un nivel de población estable, aunque dinámico. La razón por la cual el mundo no se encuentra sobresaturado es porque la mayoría de la descendencia no sobrevive para producir la descendencia propia.

c. Lucha por la sobrevivencia

Los recursos naturales limitados hacen que los individuos compitan entre sí por ellos. El concepto de aptitud es clave en la selección natural. A grandes rasgos, los individuos que son más aptos poseen mayor potencial de supervivencia, similar a la popular frase "supervivencia del más apto". La teoría evolutiva moderna define la aptitud no en base a cuánto vive el organismo, sino a cuánto se reproduce. Si un organismo vive la mitad que otros de su especie, pero en comparación con el resto, el doble de sus descendientes llegan a la edad adulta, entonces sus genes sobrevivirán y se propagarán a la siguiente generación. Aunque la selección natural opera sobre los individuos, los efectos del azar hacen que la aptitud solo pueda ser definida en promedio para los individuos de una población. Los genotipos de muy baja aptitud causan que sus portadores tengan muy poca o ninguna descendencia en promedio. Como la aptitud es una cantidad promediada, es también posible que una mutación favorable y otorgada en un individuo no llegue a propagarse al grupo si el individuo fallece antes de la edad adulta por otros motivos. La aptitud depende totalmente del entorno.

d. Éxito reproductivo

Los individuos que poseen la combinación de características más favorables, aquellas que los hacen mejor adaptados a su ambiente, tienen mayor probabilidad de sobrevivir y reproducirse. Además, los individuos mejor adaptados producen mayor descendencia, mientras que los menos adaptados mueren prematuramente o producen menos descendencia. Por último, la selección natural, actuando sobre muchas generaciones, produce gradualmente nuevas adaptaciones y nuevas especies. El éxito reproductivo o la reproducción diferencial, resultado de las interacciones entre los organismos y su ambiente, modela la variabilidad genética al producir cambios o mantener las frecuencias del conjunto de los alelos que componen el reservorio génico de una población.



2.2.5. Otros postulados darwinianos

a. Las condiciones de vida promueven la variabilidad en los individuos y actúan como factor de selección

Siguiendo el criterio lamarckiano, y sobre la base de sus observaciones en animales domésticos, Darwin, en *El origen de las especies* otorga un papel trascendente a las condiciones de vida en la variabilidad y como factor de selección: "En cierto sentido, puede decirse que las condiciones de vida no solamente ocasionan, directa o indirectamente, la variabilidad, sino también que comprenden la selección natural, pues las condiciones determinan si ha de sobrevivir esta o aquella variedad".

b. Las variaciones individuales se heredan y acentúan por uso y desuso

Según las ideas difundidas en la época, Darwin (1859) asume que las variaciones individuales son hereditarias, y que la acumulación de las variaciones es fruto del uso y desuso: "Creo que no puede encontrarse duda alguna de que el uso ha fortalecido y desarrollado ciertos órganos en nuestros animales domésticos, de que el desuso los disminuye y de que estas modificaciones son hereditarias".

c. Los seres vivos tienden a la especialización

Según Darwin (1859): "La selección natural obra exclusivamente mediante la conservación y acumulación de variaciones que sean provechosas en las condiciones orgánicas e inorgánicas que cada ser está sometido en todos los periodos de su vida. El resultado final es que todo ser tiende a perfeccionarse cada vez más en relación con sus condiciones".

d. La evolución ocurre hacia una mayor complejidad biológica, pero no siempre en las especies

Los planteamientos de Darwin (1859) hacen referencia a que en la naturaleza, la cantidad de especies y la variabilidad se incrementan día a día conforme evolucionan, pero a nivel de los organismos puede ocurrir una simplificación orgánica o funcional: "En algunos pocos casos ha habido lo que podemos llamar retroceso de organización. Pero la causa principal estriba en el hecho de que, en condiciones muy sencillas de vida, una organización elevada no sería de ninguna utilidad".

e. Convergencia y divergencia de caracteres

Los organismos de diferente origen que convergen en su evolución tienen caracteres comunes, mientras que aquellos divergentes conservan ciertos caracteres primitivos.

f. Principio de correlación

En *El origen de las especies*, Darwin explica que "toda la organización está tan enteramente ligada entre sí durante su crecimiento y desarrollo que, cuando ocurren pequeñas variaciones en alguna parte y son acumuladas por la selección natural, llegan a modificarse otras partes".

g. Principio de compensación y economía de crecimiento

La evolución conduce a que en los organismos se produzca un efecto compensatorio de caracteres. Así, ciertas partes que se desarrollan en mayor proporción poseen su contrapartida en otras estructuras cuyo crecimiento es menor.

h. Principio de la organicidad y especificidad

Darwin hace referencia a las variaciones que se producen según la importancia de los caracteres en la supervivencia: los órganos más importantes son más variables, y los caracteres específicos son más variables que los genéricos.

i. La selección natural tiene continuidad no direccional

Darwin sostiene que la selección natural opera en todo momento, aunque sus efectos solo sean percibidos a través de un tiempo prolongado. Darwin (1859) menciona metafóricamente que "la selección natural escudriña, cada día, cada hora, por todo el mundo, las más ligeras variaciones; rechaza las que son malas, conserva y acumula las que son buenas, mientras en el transcurso del tiempo se forman especies nuevas por selección natural, las demás se irán haciendo cada vez más raras y por último, se extinguirán".

Así, la materia prima de la evolución es la variabilidad de los organismos, y la fuerza motriz es la selección natural.

2.2.6. Especiación según el darwinismo

El origen de nuevas especies es entendido como un proceso prolongado de acumulación de cambios individuales útiles, que aumentan de generación en generación y que se mantienen en los organismos aptos durante la lucha por la supervivencia. Una nueva especie es una variación cualitativa en el conjunto.

Darwin (1859) consideraba a las variedades como pasos hacia variedades más acentuadas y permanentes, y el posterior desarrollo de subespecies y luego especies. Este desarrollo lo atribuye a la acción acumulativa de la selección natural, y al efecto del uso y desuso de los órganos.

2.2.7. Crítica a la teoría de la selección natural

La publicación de *El origen de las especies* generó confrontación entre los científicos, muchos asumieron una posición darwinista defendiendo la teoría, entre ellos Huxley y Lyell en Inglaterra y Haeckel en Alemania (este último partidario inicialmente de Lamarck). Algunos se mostraron escépticos y otros se opusieron a los planteamientos de Darwin.

a. La edad de la Tierra

Lord Kelvin, basado en la termodinámica terrestre, había calculado la edad de la Tierra en 80 millones de años, lo que era incompatible con el planteamiento de Darwin que señalaba un tiempo mayor. Para Darwin resultó imposible ajustar a un periodo tan corto la aparición del total de especies, pero no cambió sus argumentos, sospechando que en los cálculos de Kelvin había un error. Posteriormente se ha demostrado que las suposiciones de Darwin estaban en lo correcto. Al perfeccionarse los cálculos se ha establecido para la Tierra una antigüedad entre 4,6 a 5000 millones de años.

b. La evidencia de los fósiles

Los fósiles encontrados mostraban que no había continuidad en la evolución de algunas especies, contrariamente al postulado darwinista de una continuidad con cambios progresivos y constantes. Esta objeción ha sido superada recientemente, en 1972, con la propuesta del concepto del equilibrio puntuado planteado por N. Eldredge y S. Gould, quienes sostienen la existencia de periodos saltatorios bruscos y otros de relativa estabilidad. Esta propuesta se complementa con hallazgos posteriores respecto de la inducción de mutaciones por medio de factores ambientales.

c. Altruismo vs. lucha por la supervivencia

Algunos han observado una aparente contraposición entre la idea de la selección natural y la existencia de las asociaciones biológicas interespecíficas (simbiosis) e intraespecíficas (organismos sociales), que en contra de la competencia entre individuos se asocian mejorando sus posibilidades de supervivencia, por lo que parece contradecir la idea de la lucha por la supervivencia.

En esa línea de argumentación y siguiendo la línea de A. Weissman o del plasma germinal, Richard Dawkins ha propuesto la hipótesis del gen egoísta, según la cual, los genes interactúan y buscan su permanencia, conservándose en mayor medida aquellos que anteponen su propia existencia frente a los demás. Esta hipótesis ha sido discutida por Elliot Sober (1996), estableciendo que si bien los individuos egoístas sobreviven con ventaja, son las poblaciones altruistas las que evolucionan. No obstante, si bien existe una necesidad de supervivencia individual, la reproducción es en sí un acto de asociación y por lo tanto de acción conjunta, tanto en el proceso de fecundación como en el de la crianza de la prole. Los individuos con reproducción asexual raramente varían y si las condiciones son desfavorables, traería como consecuencia su extinción, puesto que las condiciones afectan a todos por igual.

d. Ausencia de un propósito o una dirección

La visión de los seres vivos sin un propósito definido ha sido el aspecto en el que más se han centrado los críticos de Darwin. Esta concepción corresponde a una época de la sociedad cuya base era el determinismo del hombre y la naturaleza. José-Leonel Torres en su obra *En el nombre de Darwin* explica que "la ausencia de propósito en la evolución por selección natural, su amoralidad, y el indeterminismo que implica el carácter azaroso de su fuente de diversidad biológica, han constituido preocupaciones centrales de los filósofos interesados en incorporar la teoría de Darwin a su argumentación".

e. El origen del hombre según Darwin

El planteamiento de Darwin sobre el origen de nuevas especies, a diferencia de Lamarck, admite su aplicación en lo concerniente al origen del hombre. Siguiendo sus postulados, Darwin explica la hominización como consecuencia de la variación y selección natural.

La formación de la especie humana se ubica dentro del contexto general de la evolución de los animales, segun Darwin en su obra *El origen del hombre*, el hombre al igual que otros organismos emparentados descienden de un ancestro común: "De esta suerte podemos ahora decimos cómo el hombre y los demás animales vertebrados se hallan construidos por el mismo modelo general, pues tomar otro punto de vista para esta cuestión es tanto como admitir que nuestra propia estructura y la de los animales que nos rodean son sencillamente lazos engañosos".

2.2.8. Darwinismo social

Corriente de pensamiento que deformó la concepción de la selección natural aplicándola a las poblaciones humanas. El punto de partida fue el planteamiento de Herbert Spencer, quien interpretó la selección natural como supervivencia de los más eficaces o de los más fuertes. Desde este punto de vista, en la sociedad, son los individuos con las mejores cualidades biológicas quienes alcanzan mejores condiciones de vida. Este supuesto de la supervivencia del más fuerte ha servido para establecer un ideal de civilización en base al mundo occidental, considerando a las demás formaciones culturales como subdesarrolladas, primitivas o inferiores.

El instinto del imperativo territorial de los animales, que consiste en defender una porción de espacio para la supervivencia, se ha utilizado para justificar la agresión territorial imperialista de unos países sobre otros, así también la propiedad privada y la competencia individual son promovidas por las clases dominantes, pero son presentadas como un fenómeno propio de la naturaleza humana. Los darwinistas sociales aspiran a darle un fundamento biológico a la defensa del racismo, sexismo y enfermedades sociales.

Sin embargo, el desarrollo del conocimiento y el estudio de la evolución social han venido sustentando que en las sociedades clasistas, los factores que influyen sobre el desarrollo personal no dependen solo de los aspectos biológicos, sino fundamentalmente de las condiciones económicas.

2.2.9. Darwinismo vs. lamarckismo

Aunque un sector de estudiosos de la evolución plantea una oposición entre los planteamientos de Lamarck y Darwin-Wallace, en realidad obedece fundamentalmente a una interpretación interesada desde el punto de vista ideológico-político. Los soviéticos abordaron el efecto del ambiente en las variaciones, y reconocieron los aportes de Lamarck y Darwin. Los sectores occidentales retomaron la teoría de Darwin a partir de 1910, interpretando la evolución como un fenómeno biológico-genético, sin tomar en cuenta los factores del ambiente. En la confrontación ideológica, los occidentales dejaron a un lado a Lamarck y consideraron a Darwin, principalmente porque era más compatible con las ideas liberales que estaban en desarrollo.

Se considera que ambas teorías tienen su propio valor; mientras Lamarck explica la causa de las variaciones y su papel en la evolución, Darwin apunta al mecanismo de la selección para la conservación de las variaciones favorables para la supervivencia. Es necesario indicar que Darwin aceptó la teoría de Lamarck y la utilizó para explicar el origen de órganos rudimentarios en el hombre.

2.3. LA TEORÍA MUTACIONISTA

2.3.1. Antecedentes

Se remonta a la obra de Galton y Huxley, cuyas ideas fueron recuperadas en la década de los noventa del siglo XIX por los trabajos de Hugo de Vries y William Bateson en torno a las variaciones naturales discontinuas o discretas. A comienzos del siglo XX se descubrieron dos hechos fundamentales, primero que se comprendió que las variaciones no graduales podían surgir por mutación y ser transmitidas a la descendencia mediante leyes mendelianas, y segundo que se demostró que las pequeñas variaciones no se heredan. Sin embargo, según el gradualismo darwinista, la variación aparece de manera continua y el cambio evolutivo se acumula lentamente y en dirección favorable, gracias a la selección natural.

2.3.2. Postulados

La teoría mutacionista, propuesta por Hugo de Vries y William Bateson, propone que la mutación es el verdadero agente creativo en el cambio de los seres vivos, y no la selección natural planteada por Darwin. Los trabajos sobre variaciones naturales no graduales de estos autores indican que la evolución procedía de dos pasos: en primer lugar, el azar de una mutación y en segundo lugar, su preservación o eliminación por la selección natural. A favor de esta teoría está el hecho del incremento de la tasa de mutaciones por exposición a rayos X, radiaciones como la ultravioleta, así como ciertas sustancias químicas, los cuales pueden actuar como mutanógenos.

2.3.3. Objeciones

Mutación es el cambio en la secuencia de un nucleótido o en la organización del ADN (genotipo) de un ser vivo.

- Las mutaciones no siempre son ventajosas, ni favorecen la adaptación de los individuos al medio natural. La mayoría son letales porque ocasionan la muerte antes de alcanzar la madurez sexual, o deletéreas porque disminuyen la capacidad del individuo para sobrevivir o reproducirse.
- Si una mutación fuese ventajosa para la adaptación de un individuo, igual se necesitaría de la selección natural para que esa característica ventajosa pase a toda la población.
- La teoría mutacionista tuvo un éxito efímero, pues Fisher, Morgan y otros fundamentaron matemáticamente la evolución por selección natural y deriva genética a través del análisis de la genética de poblaciones. En 1909, en el centenario de Darwin, el mutacionismo y el lamarckismo se situaban a la misma escala que la selección natural. Cincuenta años más tarde, en el centenario de la publicación de *El origen de las especies* (año de esplendor de la síntesis moderna), la selección natural era ya la única fuerza evolutiva sometida a consideración.

2.4. LA TEORÍA NEOLAMARCKISTA

Desarrollada por Lysenko y Lobatchewsky, corriente poco difundida en el hemisferio occidental, retoma la influencia de los factores ambientales de la evolución, tomando en cuenta la existencia de los genes. Existen dos componentes en el neolamarckismo que deben considerarse: el efecto del ambiente como causa de variaciones biológicas y el efecto del ambiente en el control de los procesos fisiológicos.

La base de los procesos evolutivos está en las variaciones de los caracteres que son influenciados por diversos factores ambientales, y condiciones del desarrollo de los organismos en una población como la provisión de nutrientes, radiaciones, variaciones de temperatura, contaminantes y otros factores propios del ambiente, y a los cuales está expuesta una población. Los primeros estudios experimentales fueron desarrollados por los genetistas soviéticos en el cultivo de plantas. En bacterias, las mutaciones dirigidas fueron llevadas a cabo por Luria y Delbrück.

2.5. NEODARWINISMO (TEORÍA SINTÉTICA)

2.5.1. Antecedentes

Grandes aportes para el desarrollo de la teoría sintética vienen de una discusión entre los mendelianos que proponían una herencia discontinua, discreta o por partículas denominadas genes, y los biométricos, quienes insistían en que la mayoría de los caminos importantes para la evolución debían mostrar una herencia continua que no era explicable a través del análisis mendeliano. Finalmente los dos modelos fueron conciliados y fusionados, principalmente a través del trabajo del biólogo y estadístico Ronald Fisher (1930), quien mostraba cómo la variación continua podía ser el resultado de muchos loci discretos. Otro aporte proviene de la teoría cromosómica propuesta por Thomas Morgan (1910), quien trabajó en programas de reproducción y cruce de la *Drosophila melanogaster* (mosca de la fruta), en el que propone que los genes están situados linealmente en los cromosomas y eran el mecanismo principal de herencia.

Por lo tanto, la síntesis evolutiva moderna o neodarwinismo integra la teoría de la evolución de las especies por selección natural de Darwin, la teoría genética de Mendel como base de la herencia biológica, la mutación genética aleatoria como fuente de variación y la genética de poblaciones matemática. También representa la unificación de varias ramas de la biología que anteriormente tenían poco en común, especialmente la genética, la citología, la sistemática, la botánica y la paleontología.

2.5.2. Representantes y postulados

Las figuras más importantes en el desarrollo de la teoría sintética moderna son Dobzhansky, Mayr y Simpson.

a. Theodosius Dobzhansky

En sus estudios de genética poblacional, realizados fundamentalmente con la *Drosophila melanogaster* (mosca de la fruta), centró su interés en el concepto de especiación: la aparición de nuevas especies a partir de otras ya existentes. Este es el problema que aparecía en el título del famoso libro de Darwin y que, en realidad, no llegó a aclarar. Destacó la importancia del aislamiento geográfico como una de las causas más importantes para la aparición de una nueva especie. Este tipo de especiación fue denominada especiación alopátrida. Sin embargo, hoy en día no se considera este tipo de especiación más importante que la especiación simpátrida, según esta, la formación de especies no requiere el aislamiento geográfico. Propuso una famosa frase: "nada tiene sentido en biología, si no es a la luz de la evolución" en su libro más importante, *Genética y el origen de las especies* (1937).

b. Ernst Mayr

Fue quien propuso la definición del concepto biológico de especie como un grupo o población natural de individuos que pueden cruzarse entre sí, pero que están aislados reproductivamente de otros grupos afines. Este concepto implica evolutivamente asumir que es una población reproductivamente aislada, por lo que constituye un linaje evolutivo separado y que es reforzado por una serie de barreras que pueden ser de carácter geográfico o biológico. No obstante, el concepto biológico de especie tiene varias limitaciones: en primer lugar, es inaplicable a organismos fósiles; en segundo lugar, no puede aplicarse a organismos que se reproducen asexualmente; por último, existen muchos casos de hibridación, especialmente en plantas vasculares, en las que se produce descendencia fértil, y que permanecen como unidades genéticas y evolutivas independientes.

c. Gaylord Simpson

Se interesó por fenómenos macroevolutivos como tendencias evolutivas, los cuales son cambios evolutivos que se producen dentro de un linaje y que presentan cierta direccionalidad; y el paralelismo, fenómeno evolutivo por el que en dos ramas separadas dentro de un clado se produce un cambio evolutivo análogo como el desarrollo por separado de un corazón de cuatro cavidades en aves y mamíferos. Además de estos autores se puede mencionar a Haldane, Wright, Hamilton, Darlington, Huxley, Ledyard Stebbins, entre otros.

2.5.3. Limitaciones del neodarwinismo

El neodarwinismo, que recupera la teoría de la selección natural al primer lugar de atención, cuenta con limitaciones que son producto del periodo de su desarrollo. Su origen se produjo cuando se inició una explosión del conocimiento marcado por el desarrollo de la genética clásica y la bioquímica.

Los neodarwinistas ven el proceso evolutivo como un proceso netamente mecánico de interacción de genes que se mezclan, modifican y originan un efecto sobre los caracteres biológicos. Pero un ser vivo no es solo la combinación de sus genes y su efecto, es también una síntesis de las múltiples interacciones de la materia y de esta con el ambiente a lo largo de todo el proceso de su desarrollo. Como en la actualidad se viene probando, no es solo el tipo de genes lo que determina las características, sino las condiciones en las cuales el individuo vive, estas tienen un efecto considerable sobre las manifestaciones de los genes. Por otro lado, las variaciones son entendidas como un fenómeno netamente del azar, situación que en la naturaleza está muy lejos de corresponder a la realidad. Desde el nivel molecular mismo, las interacciones moleculares están sujetas a leyes, esto se hace mucho más complejo cuando avanzamos en la escala biológica por los diversos mecanismos de control y regulación que afectan a los genes. El neodarwinismo se desarrolló en una etapa donde la herencia era entendida desde el concepto de la preformación genética germinal localizada en el núcleo celular, entendiendo que los factores de la herencia solo están en el núcleo; pero ahora se viene demostrando que la herencia incluye moléculas de citoplasma.

Oto Kimura, siguiendo la línea del azar, ha postulado la teoría neutralista de la evolución molecular. Según este planteamiento, las mutaciones neutras son las que al acumularse durante largos periodos de tiempo generan un cambio en los organismos.

3▸ El principio de la evolución en la actualidad

3.1. Principios evolutivos

La evolución es un principio universal que ocurre en todo momento y es definida como los cambios en la frecuencia de alelos de la poza genética de una población. Esta poza genética es la totalidad del material genético de un grupo poblacional en un determinado periodo. La evolución es independiente del tiempo, significa que hay periodos de evolución rápida, mientras en otros casos existe cierta flexibilidad; esto también depende de las poblaciones sujetas a la evolución. La evolución no es predecible, no es posible determinar el sentido que va a tomar, asimismo, es de intensidad variable en los distintos organismos.

La formación de nuevas especies (especiación) es solo un aspecto del proceso evolutivo, la cual ocurre en poblaciones por dos tipos de mecanismos: los que tienden a formar poblaciones homocigóticas como la selección natural y la deriva génica, y los que tienden a formar poblaciones heterocigotas (y por lo tanto son factores de variabilidad) como las mutaciones, el flujo genético y recombinación genética.

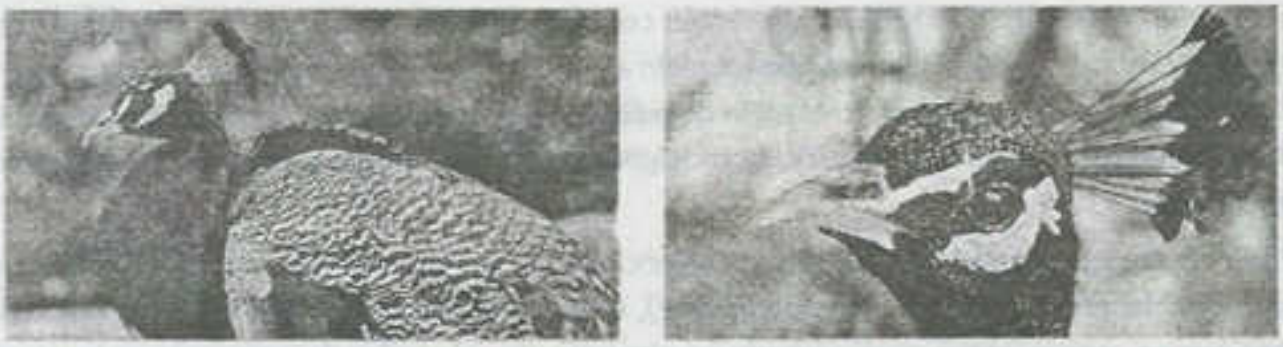
3.1.1. Selección natural

Es el factor donde en generaciones sucesivas, la proporción de alelos más favorables aumenta en la población, se preservan los individuos con fenotipos favorables, y se eliminan los individuos con fenotipos desfavorables. Otra característica es la actuación de la selección natural sobre el fenotipo, que al menos en parte es una expresión del genotipo. La teoría sintética defiende que los cambios graduales y la selección natural sobre ellos son el principal mecanismo del cambio evolutivo, rechazando otros mecanismos que defienden otras teorías como el lamarckismo que considera la herencia de caracteres adquiridos. La unidad de selección puede ser el individuo u otro nivel dentro de la jerarquía de organización biológica como los genes, las células y los grupos familiares.

La cuestión sobre si la selección natural actúa a nivel de grupo (o especie) para producir adaptaciones que benefician a un grupo mayor, sin vínculos familiares, suscita aún un tenue debate. Además se puede incluir la selección sexual, ya que es útil diferenciar entre selección ecológica y selección sexual. La primera se refiere a cualquier mecanismo de selección como resultado del entorno; la segunda, específicamente, a la competición por la pareja sexual. La selección sexual puede ser intrasexual, competición entre individuos del mismo sexo en una población, o intersexual, cuando un sexo controla el acceso a la reproducción, mediante la elección de pareja dentro de la población. Normalmente, la selección intrasexual se da entre machos, y la intersexual como la elección por parte de las hembras a los mejores machos, debido al mayor coste que para las hembras, generalmente, conlleva la cría. Desde el punto de vista del efecto sobre la distribución de los caracteres dentro de una población, la selección natural puede ser descrita como direccional, estabilizadora y desestabilizadora.

a. Selección motriz o direccional

Actúa acentuando una característica particular en la población y se da como resultado un incremento en la proporción de individuos con una característica fenotípica extrema. La selección direccional actúa en una dirección específica, genera una selección en contra de los individuos con caracteres promedio e individuos con caracteres opuestos. Este tipo de selección actúa cuando los cambios ambientales se hacen persistentes o duraderos, durante un lapso de tiempo lo suficientemente prolongado.



La selección sexual se evidencia en el pavo real.

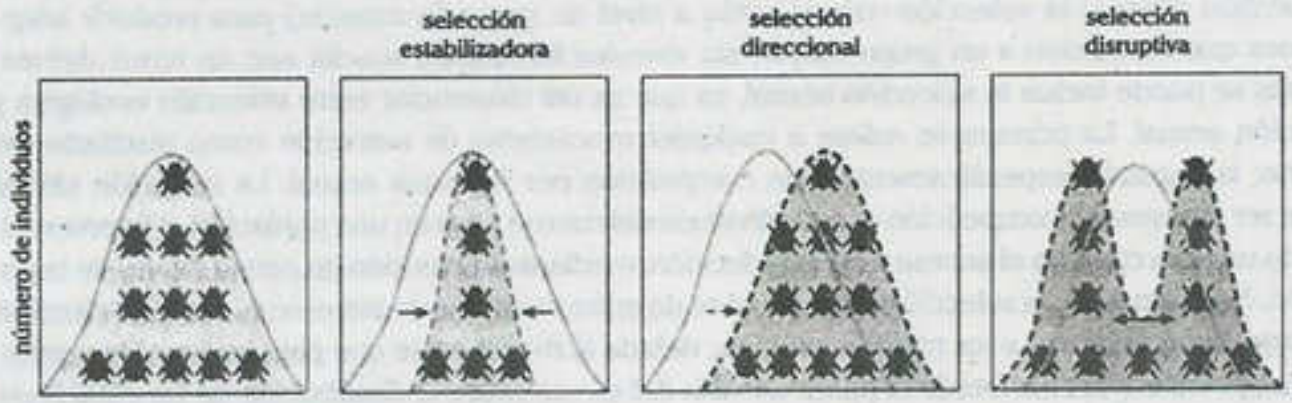
b. Selección estabilizadora

Favorece la selección de individuos con características promedio, así elimina a los individuos con caracteres extremos. De este modo, para ciertas características de las poblaciones, los fenotipos intermedios son más frecuentes.

Por ejemplo, en las lagartijas, las más pequeñas no pueden defender sus territorios, pero las más grandes son presa fácil de los depredadores. En las poblaciones negras, la presencia de hemoglobina S promueve la existencia de individuos con característica mixta.

c. Selección desestabilizadora, disociadora o dispersora

Ocurre cuando, dentro de una población, se van eliminando los fenotipos con características intermedias. Esta forma de selección actúa cuando se ocupan espacios con diferentes variedades de recursos. Por ejemplo, en las plantas que crecen en suelos con alta contaminación, la selección favorece la formación de poblaciones de plantas con grado de tolerancia a diferentes suelos. También, en la reproducción de los salmones se favorece a los más pequeños y más grandes, reduciendo la proporción de los intermedios.



3.1.2. Deriva genética (deriva génica)

Son los cambios en la frecuencia de los alelos de una población en el tiempo determinados por elementos aleatorios o al azar. También se puede definir como la fuerza evolutiva que actúa junto con la selección natural, y es consecuencia del muestreo aleatorio en la reproducción y la pérdida de unos alelos por azar, no por selección natural. Normalmente se da una pérdida de los alelos menos frecuentes y una fijación (frecuencia próxima al 100%) de los más frecuentes, de ello resulta una disminución en la diversidad genética de la población. Dado que la deriva es aleatoria, es tan frecuente que las frecuencias alélicas aumenten como que disminuyan y pueden deambular con el paso del tiempo, llegando incluso a que un alelo alcance la frecuencia de 100% y se dice que el alelo se ha fijado, o es cero, cuando el alelo desaparece por completo de la población. La deriva genética tiende a formar una población homocigótica, es decir, tiende a eliminar los genotipos heterocigóticos.

También ocurre que cuando los individuos seleccionan a sus parejas en base al fenotipo (con lo cual seleccionan el genotipo correspondiente), inducen el cambio evolutivo en la población, proceso que se conoce como apareamiento no aleatorio, dos ejemplos de este apareamiento son la endogamia y el apareamiento selectivo. La primera (del griego *endon*, 'dentro' y *gamos*, 'casamiento') es el apareamiento de individuos con similitudes genéticas y relación cercana, lo que da como resultado el aumento de la homocigosis, esto puede incrementar las posibilidades de que la descendencia sea afectada por rasgos recesivos o deterioros genéticos. Como el apareamiento es no aleatorio, la reproducción sexual al azar es un supuesto razonable, pero en realidad no existe. En la mayoría de los casos hay algún tipo de selección de pareja.

Si no hubiese otros procesos de cambio evolutivo, tales como la mutación y la selección natural, las poblaciones llegarían al final a tener un solo alelo de cada gen, aunque se demore muchas generaciones en llegar a ello. La razón es que, tarde o temprano, uno u otro alelo sería eliminado por la deriva genética sin posibilidad de que reapareciera por mutación o migración. Debido a que la mutación de alelos desaparecidos de una población puede volver a reaparecer de nuevo, y gracias a la selección natural, la deriva genética no tiene consecuencias importantes en la evolución de especies, pero se acentúan en poblaciones pequeñas y resultan cambios que no son, necesariamente, adaptativos como puede ocurrir en el efecto de cuello de botella y el efecto fundador.

a. Efecto fundador

Es la formación de una nueva población de individuos a partir de un número muy reducido de estos, por ejemplo, ocurre con frecuencia en las poblaciones de animales y plantas de las islas oceánicas. Sin embargo, con el devenir de los siglos, la ausencia de competidores y la gran variedad de nichos sin explotar pueden causar radiaciones masivas de la especie original y formar varias nuevas. Tal es el caso de los lémures de Madagascar o los pinzones de las islas Galápagos.

b. Efecto de cuello de botella

Es el drástico descenso del número de miembros en algún momento del pasado, llegando en algunos casos al borde de la extinción. Como consecuencia, los ejemplares de las generaciones posteriores del cuello de botella presentan una escasa variabilidad genética, y la antigua proporción de alelos en el conjunto de la población cambia considerablemente. Se produce una selección intensiva de caracteres determinados que pasan a ser mayoritarios en los individuos supervivientes, mientras que otros menos favorables se reducen o desaparecen por completo.

3.1.3. Mutación

Las mutaciones son la materia prima de la evolución biológica, esta tiene lugar cuando la nueva versión de un gen, que originalmente surge por una mutación, aumenta su frecuencia y se extiende a la especie gracias a la selección natural o a tendencias genéticas aleatorias (fluctuaciones casuales en la frecuencia de los genes). Antes se pensaba que las mutaciones dirigían la evolución, pero, en la actualidad, se cree que la principal fuerza directora de la evolución es la selección natural, no las mutaciones; no obstante, sin mutaciones las especies no evolucionarían. La selección natural actúa para dos fines, una para incrementar la frecuencia de las mutaciones ventajosas que es cómo se produce el cambio evolutivo, ya que esos organismos con mutaciones ventajosas tienen más posibilidades de sobrevivir, reproducirse y transmitir las mutaciones a su descendencia. Y otra, para eliminar las mutaciones desventajosas; por tanto, está actuando continuamente para proteger a la especie de la decadencia mutacional. Sin embargo, la mutación desventajosa surge a la misma velocidad a la selección natural que la elimina, por lo que las poblaciones nunca están completamente limpias de formas mutantes desventajosas de los genes. La selección natural no actúa sobre las mutaciones neutrales, pero estas pueden cambiar de frecuencia por procesos aleatorios. Existen controversias sobre el porcentaje de mutaciones que son neutrales, pero generalmente se acepta que, dentro de las mutaciones no neutras, las mutaciones desventajosas son mucho más frecuentes que las mutaciones ventajosas.

3.1.4. Flujo genético

También denominado migración de individuos reproductivos entre poblaciones, es causante de un movimiento de alelos que tiene consecuencias evolutivas considerables en el acervo genético de las poblaciones (el número de individuos con un rasgo particular): si el flujo genético entre dos poblaciones es bastante grande, estas poblaciones se vuelven genéticamente similares. La inmigración puede resultar en la introducción de nuevo material genético al acervo genético establecido de una especie o población particular y, a la inversa, la emigración provoca una pérdida de material genético. Hay un número de factores que afectan al ritmo del flujo genético entre poblaciones diferentes. Uno de los factores más significativos es la movilidad, y los animales tienden a ser más móviles que las plantas. Una mayor movilidad tiende a darle más potencial migratorio a un individuo.

Las barreras físicas al flujo genético son a menudo, pero no siempre, naturales. Por ejemplo, las cordilleras infranqueables, los grandes desiertos, o como la Gran Muralla China que ha dificultado el flujo natural de genes de plantas, pero se han encontrado ejemplares de la misma especie que crecen en ambos lados con diferencias genéticas. Los genes pueden fluir entre especies: cuando se transfiere ADN bacteriano a los animales o las plantas, o mediante la transferencia horizontal de genes.

3.1.5. Recombinación genética

Es el proceso por el cual una hebra de material genético (usualmente ADN, pero también puede ser ARN) se corta y luego se une a una molécula de material genético diferente. Por ejemplo, en las eucariotas, la recombinación comúnmente se produce durante la meiosis, como entrecruzamiento cromosómico entre los cromosomas apareados, denominándose a este proceso *crossing over*, esto conduce a que los descendientes tengan combinaciones de genes diferentes a las de sus padres y puedan producir alelos quiméricos. En biología evolutiva se cree que esta mezcla de genes tiene varias ventajas, incluyendo que permite a los organismos que se reproducen sexualmente evitar el trinquete de Muller, proceso que ocurre en poblaciones asexuales, donde los genomas acumulan mutaciones perjudiciales de forma irreversible.

3.2. CONSECUENCIAS DE LA EVOLUCIÓN

twitter.com/calapenshko

3.2.1. Adaptación

Es un proceso fisiológico, denominado también rasgo morfológico o del comportamiento de un organismo que ha evolucionado mediante selección natural durante un período, de tal manera que incrementa sus expectativas a largo plazo para reproducirse con éxito. Por ejemplo, la adaptación del cactus a los ambientes terrestres. Algunos fisiólogos utilizan el término adaptación para describir los cambios compensatorios que ocurren a corto plazo en respuesta a disturbios ambientales, como por ejemplo, el oscurecimiento de la piel al trabajar debajo del sol. Estos cambios son el resultado de la plasticidad fenotípica y es más correcto denominarlos aclimatación o aclimatización en vez de adaptación. En biología evolutiva, la adaptación se refiere tanto a las características que incrementan la supervivencia y/o el éxito reproductivo de un organismo, así como el proceso por el cual se adaptan los organismos. La adaptación se había considerado previamente como una prueba concluyente en contra de la evolución, por lo que la teoría de la selección natural de Darwin resultó de importancia decisiva para convencer a la gente de que un proceso natural podía dar lugar a una nueva especie.

3.2.2. Especiación

Es el proceso de formación de dos especies a partir de una inicial cuando una población queda aislada, reproductivamente, de otras poblaciones de la especie. Luego, el acervo genético de las dos poblaciones comienza a diferenciarse en su composición genética. Cuando una población es lo suficientemente distinta de su especie ancestral, hasta el punto de que no hay intercambio genético entre ellas, se dice que ha ocurrido la especiación (macroevolución).

3.3. GRADO DE EVOLUCIÓN

Los mecanismos evolutivos son fenómenos que ocurren en todo momento, mientras las generaciones de organismos se suceden en el tiempo.

Una manifestación de ello es la formación constante de nuevas variedades como el mismo Darwin lo demostrara en la crianza de animales domésticos, ó como nosotros lo experimentamos, actualmente, con la resistencia a insecticidas y antibióticos. Desde el punto de vista cualitativo, podemos diferenciar grados o niveles en los cuales ocurre la evolución.

3.3.1. Microevolución

Se denomina así cuando los cambios que se producen en una población, tanto a nivel de los genes como en su manifestación, son pequeños, de tal modo que no originan variaciones grandes en los organismos, por lo cual, la población sigue manteniéndose relativamente estable. Por ejemplo, la resistencia de las bacterias frente a los antibióticos y la tolerancia de los insectos contra los insecticidas.

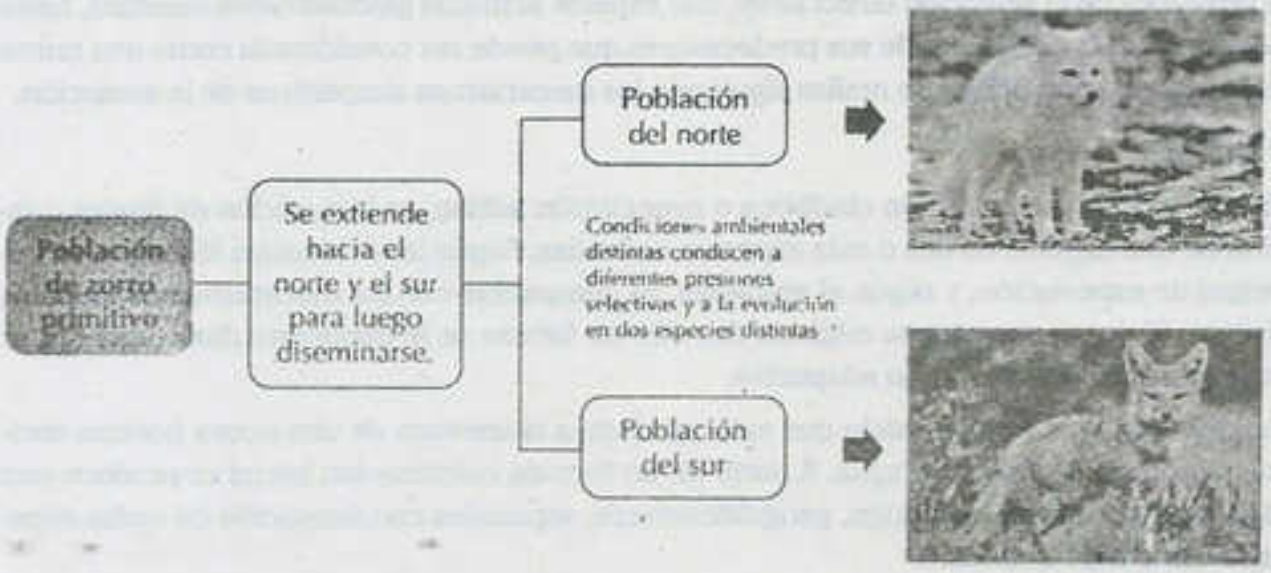
3.3.2. Macroevolución (especiación)

Se denomina así cuando los cambios que ocurren en los organismos determinan la formación de nuevas especies por encima del nivel de la especie, es decir, involucra el aumento de las especies dentro de un género o familia. Como evidencias de la macroevolución podemos mencionar al gran número de especies identificadas, la distribución geográfica, los fósiles y la existencia de homología entre los órganos de diversos tipos de organismos.

El proceso específico mediante el cual se produce la diversificación hasta que se origina una nueva o varias nuevas especies se denomina especiación. Este aspecto de la evolución es el que más atención ha merecido por parte de la ciencia, dado esto, la mayoría de estudios trata de explicarlo.

a. Especiación alopátrica

Se refiere a cuando los cambios genéticos necesarios para que se origine una especie son resultado de la separación física entre las poblaciones, lo que produce que se detenga el flujo genético. Esta especiación es la más común y explica la evolución de la mayor parte de las nuevas especies animales, además, es más probable que ocurra si la aislada población original es pequeña. El hecho de que una barrera geográfica o una dispersión sean eficaces para bloquear el flujo genético depende de la manera en que se desplace el organismo, con qué rapidez y si se ve obligado o inclinado conductualmente a dispersarse.



b. Especiación simpátrica

Es el desarrollo de una nueva especie en la misma región geográfica de su especie progenitora. Especialmente, es común en plantas con flores y ocurre por cambios en el juego diploide (cerca de la mitad de todas estas especies de plantas son poliploides) y por cambios ecológicos (cuando una especie parásita empieza a hacer uso de un nuevo huésped en presencia del huésped original). Sin embargo, los animales poliploides son poco comunes por una compensación de dosis genética fallida.

c. Especiación parapátrica

Sucede cuando las poblaciones vecinas se transforman en especies distintas, aunque mantengan contacto a lo largo de una frontera común. Los individuos que se entrecruzan producen descendientes híbridos en una región, a la que se denomina zona híbrida. La evidencia en apoyo a esta especiación es escasa porque a menudo es difícil saber si las poblaciones separadas, geográficamente, solo constituyen subespecies.

3.3.3. Megaevolución

Es cualitativamente el grado de variación más grande. Se emplea esta categoría para explicar la formación de los grupos biológicos por encima de las órdenes, y el surgimiento de clases, filums y reinos se incluye en su estudio.

3.4. MODELOS EVOLUTIVOS O TIPOS DE EVOLUCIÓN

La formación de nuevas especies puede ser explicada según ciertos patrones a los cuales se les denomina modelos evolutivos. Los modelos han sido construidos sobre la base de las evidencias evolutivas y resultan el reflejo del camino seguido por los organismos durante su filogenia o historia evolutiva.

3.4.1. Modelos de evolución entre individuos con parentesco cercano

a. Anagénesis

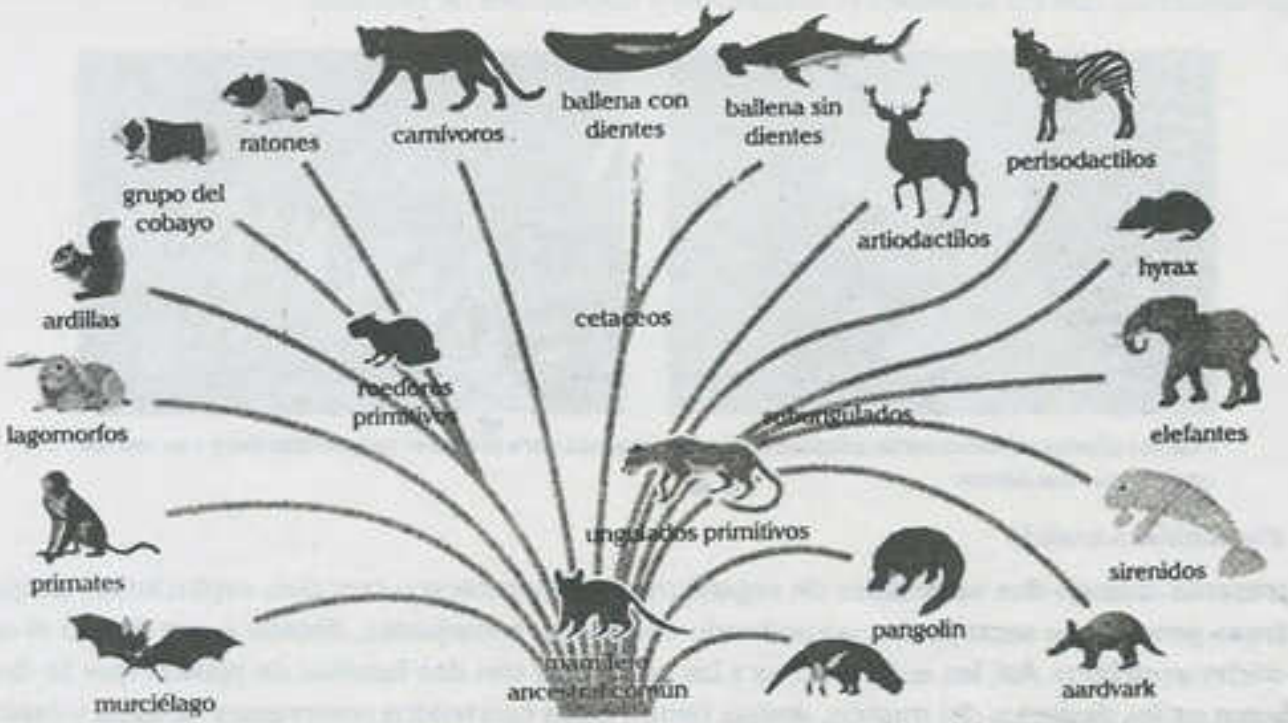
También denominada filética o seudoextinción, es el cambio en un solo linaje de organismos. Bajo las presiones de la selección direccional, una especie acumula gradualmente cambios, hasta que, finalmente, es tan diferente de sus predecesores que puede ser considerada como una nueva especie. La especiación filética se realiza siguiendo los mecanismos simpátricos de la evolución.

b. Cladogénesis

También denominada especiación cladística o especiación aditiva, es la partición de linajes o ramificación de una especie en dos o más especies derivadas. Según las evidencias fósiles, es la forma principal de especiación, y según el ambiente, es compatible con los mecanismos alopátricos y simpátricos. Si de un ancestro se originan dos nuevas formas se le denomina divergentes, si se originan muchas formas, radiación adaptativa.

La radiación adaptativa es un modelo que está asociado a la apertura de una nueva frontera territorial que puede ser tierra, aire o agua. A partir de un foco de colonización inicial se produce una dispersión, y ocupa diversos espacios, geográficamente, separados con formación de varias especies adaptadas a cada ambiente.

El ejemplo clásico de radiación adaptiva es la evolución de los mamíferos placentarios: de una criatura primitiva, insectívora, con cinco dedos y patas cortas que caminaba con las plantas de los pies sobre el suelo se han originado todos los mamíferos placentarios actuales: ciervos, lobos, focas, ballenas, murciélagos y osos. Hay radiación adaptativa en los pinzones estudiados por Darwin, en las islas Galápagos.

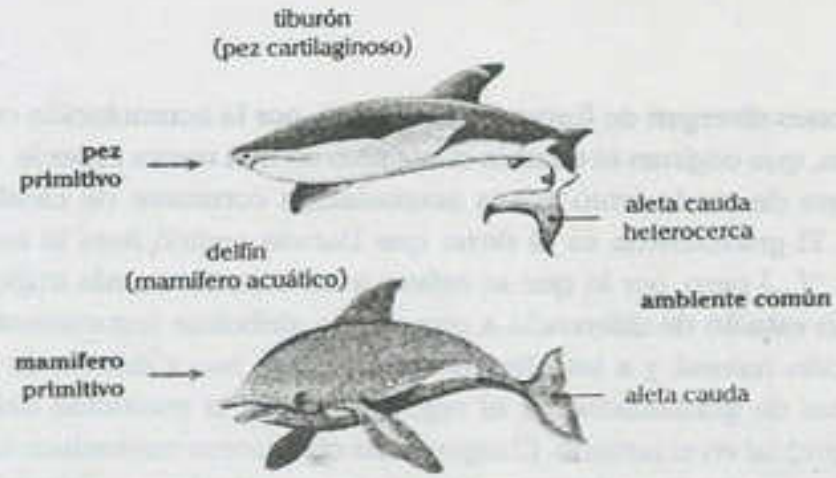


Radiación adaptativa a partir de mamífero ancestral común

3.4.2. Modelos de evolución entre individuos con parentesco lejano

a. Convergencia evolutiva

Ocurre cuando los individuos con parentesco lejano llegan a ocupar el mismo espacio geográfico, y desarrollan adaptaciones estructurales, morfológicas y fisiológicas más o menos similares, pero sin afectar el patrón original del ancestro. Por ejemplo, los murciélagos, las aves e insectos voladores tienen órganos de funciones semejantes a los que se les llama alas. De igual manera, los peces y mamíferos acuáticos como cetáceos y pinnípedos tienen órganos denominados aletas para nadar.



b. Coevolución

Se observa cuando dos especies, sin ningún parentesco, evolucionan conjuntamente para generarse una dependencia de ambos o de uno de ellos. Por ejemplo, la evolución de los gusanos parásitos que se han adaptado a una vida dependiente del hospedero, y la evolución de las plantas, conjuntamente, con los animales polinizadores y dispersores de semillas.

Muchas plantas actuales están adaptados con los insectos para asegurar su polinización y a su vez los compensan con néctar.

c. Evolución paralela

Se presenta cuando dos variedades de organismos, sin parentesco cercano, evolucionan ocupando áreas geográficas semejantes, adquiriendo caracteres semejantes, debido a que tienen el mismo nicho ecológico. Así, las euforbiáceas y las cactáceas son dos familias de plantas que se desarrollaron en los desiertos del mundo, ambas tienen tallos con tejidos reservantes de agua y espinas protectoras. También se pueden incluir los felinos americanos tienen su paralelo en el África.

d. Evolución advergente

Dos especies, sin parentesco cercano que han adquirido un patrón fenotípico parecido. La especie denominada original, poseedora de las características físicas originales, y la especie-copia que imita su patrón para protegerse de los depredadores, la especie original evoluciona a nuevos patrones "escapando" de la especie-copia, pero esta sigue evolucionando copiando los patrones nuevos.

3.5. RITMO DE LA EVOLUCIÓN

Según el tiempo que transcurre en la formación de una nueva especie se han establecido dos patrones generales.

3.5.1. Gradualismo

Propone que las poblaciones divergen de forma lenta entre sí, por la acumulación cuantitativa de características adaptativas, que originan el cambio cualitativo en una nueva especie. La formación de nuevas especies ocurre de modo lento por la acumulación constante de cambios de ritmo relativamente constante. El gradualismo es el ritmo que Darwin sugirió para la especiación en *El origen de las especies*: "(...) pero, por lo que se refiere a los caracteres más importantes y a la adaptación, el paso de un estadio de diferencia a otro puede atribuirse seguramente a la acción acumulativa de la selección natural, y a los efectos del creciente uso y desuso de los órganos". Un ejemplo representativo de gradualismo es el registro fósil de la evolución del caballo que muestra un incremento gradual en el tamaño. El argumento que parece contradecir la especiación gradualista es la falta de continuidad en el registro fósil de la mayoría de organismos.

3.5.2. Equilibrio puntuado (evolución saltatoria)

Aborda la formación de nuevas especies y su continuidad de modo intermitente. El planteamiento inicial hecho por Stephen Jay Gould y Niles Eldredge, en 1972, sugiere que de acuerdo al registro fósil, la especiación ocurre en periodos cortos de tiempo, intercalados con periodos relativamente largos de poca variabilidad. El equilibrio puntuado explica la aparición súbita de nuevas especies, sin formas intermedias, que el registro fosilífero muestra. Desde este punto de vista, en la formación de algunas especies no existen formas intermedias. Según este equilibrio, la mayor parte de la vida de una especie transcurre en estasis, y solo un pequeño porcentaje de esta transcurre en evolución activa.

3.5.3. ¿Gradualismo o equilibrio puntuado?

Según lo que ha podido establecerse, no existe contradicción entre ambos modelos de ritmo. Algunas especies son el resultado de la acumulación de cambios progresivos que ocurren a lo largo de varias generaciones. Otras especies se forman de modo repentino como consecuencia de cambios bruscos. Los modelos de gradualismo y equilibrio puntuado están basados en el análisis de los fósiles. Por otro lado, en la historia terrestre se han dado periodos de cierta estabilidad en las condiciones geológicas y climáticas, alternada con variaciones drásticas del clima y de la estructura terrestre, lo que no significa una gran catástrofe. Los denominados periodos geológicos representan los saltos cualitativos que han ocurrido en la Tierra.

3.6. EVOLUCIÓN Y EXTINCIÓN

A grandes rasgos, se calcula que actualmente solo hay una especie viva por cada 2000 que se han extinguido. La extinción debe ser entendida como un proceso natural en el camino evolutivo de la materia viviente. Es negativa y positiva, ya que presenta un efecto negativo en la diversidad biológica, pero posee un aspecto evolutivo positivo. Cuando algunas especies nuevas realizan su aparición, ocupan un espacio y nicho ecológico, esto trae consigo cambios en las relaciones de un ecosistema, pues modifica el ambiente y las condiciones de la selección natural. Cuando una especie se extingue, el nicho ecológico que estuvo ocupando queda vacante, y como resultado de esto, los organismos vivos evolucionan y se dispersan hasta ocupar los nichos vacantes.

En la historia evolutiva de la Tierra se han establecido dos tipos de extinción: la extinción de fondo, que es la variación continua en las especies terrestres, y la extinción en masa, que ha ocurrido unas cinco o seis veces en la historia de la Tierra. Dos extinciones en masa han tenido gran significación en la historia de la Tierra. La primera, ocurrida en los albores de la vida, tuvo su origen en la oxigenación de la atmósfera y significó la desaparición de la mayoría de bacterias anaeróbicas existentes en ese tiempo. Y la mayor extinción de todas ocurrió hacia el final del periodo pérmico, hace 248 millones de años. Se estimó que entre el 80% y el 85% de las especies que vivían entonces se extinguieron y la tasa aumentó hasta el 90% para las especies marinas que vivían en aguas poco profundas.

3.7. EVIDENCIAS DE LA EVOLUCIÓN DE LOS SERES VIVOS

La evolución de los diversos organismos, a pesar de la enorme variedad de formas, es sustentada por una gran cantidad de evidencias o pruebas evolutivas. Con ello es posible aproximarnos no solo a la historia evolutiva de cada especie, sino a sus causas y las relaciones de estas con la historia de la Tierra.

3.7.1. Evidencias de la microevolución

a. Resistencia a los insecticidas

Los compuestos químicos como el DDT, aclamados, en un comienzo, como la solución a las plagas de insectos, han caído en desgracia en los últimos años, no solo por su tendencia a la acumulación en el ambiente, sino por la aparición cada vez más frecuente de cepas resistentes a uno o más insecticidas. Una de las especies hasta es capaz de eliminar el átomo de cloro del DDT y usar el resto como alimento. Ejemplos documentados son las cochinillas y las cucarachas.

b. Resistencia a los antibióticos

Desde el auge que tuvo la aplicación de antibióticos, después de la Segunda Guerra Mundial, tan efectiva para el tratamiento de las enfermedades infecciosas, han surgido, cada vez con más frecuencia, variedades de bacterias resistentes a estas drogas.

c. ¿La resistencia es inducida?

Aparentemente, en los ejemplos anteriores, pareciera que los antibióticos e insecticidas han inducido las modificaciones; sin embargo, por lo que se ha venido explicando en el mecanismo de la evolución, en todo grupo de organismos existen variedades, las condiciones ambientales actúan como factores de selección, de tal modo que algunas variedades se conservan y tienen continuidad. Joshua y Esther Lederberg, quienes experimentaron con baterías, han probado que los antibióticos e insecticidas solo actúan como factores de selección.

3.7.2. Evidencias de la macroevolución

a. Pruebas directas o paleontológicas

Se denomina fósiles (que proviene de *fodere*, 'cavar o desenterrar') a los restos o rastros de organismos ancestrales que han sido encontrados en la corteza terrestre. Existen cinco tipos de fósiles: petrificaciones, momificaciones, partes duras, moldes y huellas.

- **Petrificaciones.** Son cuerpos de organismos ancestrales que al ser enterrados en el lodo marino o lava volcánica pasaron por un proceso de mineralización o sustitución del material orgánico por minerales, tales como carbonatos, silicatos, fosfatos, sulfuros y sulfatos, entre otros. La mineralización es un fenómeno natural de la materia orgánica, cuando se lleva a cabo a presiones elevadas, un cuerpo orgánico conserva su forma en el mineral. Producto de los fenómenos geológicos, las rocas con los cuerpos mineralizados emergen a la superficie y nos permiten conocer la morfología de tales organismos. Un ejemplo de esto se encuentra en los trilobites, los ammonites, las conchas, las hojas de plantas, etc.

  Los fósiles más antiguos hasta ahora estudiados corresponden a rocas sedimentarias, que contienen huellas químicas de células complejas de al menos 3860 millones de años de antigüedad. Al estudiarse las muestras de estas formaciones geológicas, se logró determinar la presencia de fósiles de unos organismos muy semejantes de forma y tamaño a algunas bacterias contemporáneas. Estos fósiles de organismos unicelulares han permitido estudiar y describir la flora primitiva parecida a las modernas cianobacterias. Todo este conjunto de fósiles, que se encuentran formando parte de las rocas, son denominados estromatolitos, que abundan en las regiones pantanosas o en las fuentes termales como muestra de la antigüedad de la vida terrestre.

Trilobites

- **Moldes.** Fósiles formados por la desintegración del material orgánico. Cuando un organismo depositado queda incrustado en el lodo, a la intemperie, se putrefacta, pero la forma corporal queda en la superficie; mientras el material del suelo se solidifica y transforma en roca. Un ejemplo de ello es el fósil de medusas con 500 millones de años o el molde del *Archaeopterix lithographica*, un ave primitiva.
- **Momificaciones.** Corresponde a cuerpos de organismos ancestrales, generalmente animales, que se han mantenido sin descomponerse debido a la acción conservante de sustancias químicas o del frío. Se han encontrado los cuerpos de insectos cubiertos por resinas vegetales, cuerpos de mamuts desenterrados en el Polo Norte, cuya antigüedad se ha determinado en 39 000 años.
- **Restos óseos.** Son los fósiles más abundantes, conformados por huesos y dientes de animales extinguidos y conservados por la impregnación de arcilla o arena. Mediante estos fósiles se ha logrado reconstruir la historia evolutiva del caballo, elefante, hombre y otros animales. Por ejemplo, en Pasamayo, se encontraron restos de un mastodonte. La ausencia en algunos casos de restos anatómicos en un orden lógico originó el pretexto antievolucionista del eslabón perdido.
- **Huellas.** Marcas dejadas por las extremidades de vertebrados terrestres primitivos en suelos barrosos, que posteriormente se han endurecido hasta convertirse en rocas. De acuerdo con las dimensiones, forma y profundidad de las huellas, se han deducido algunas características de los organismos que las generaron. Es así que permiten reconstruir las rutas seguidas por organismos ancestrales como dinosaurios, caballos, camélidos y antropoides.

b. Pruebas de la anatomía comparada

La anatomía comparada es una rama de la zoología que se encarga de establecer semejanzas y diferencias existentes entre órganos, aparatos y sistemas de especies animales.

- **Órganos homólogos.** Similares en estructuras, desarrollo embrionario, inervación e irrigación. Por ejemplo, las patas delanteras en forma de aletas de focas, las alas de los murciélagos, las extremidades anteriores de un caballo y los miembros superiores del hombre. En las plantas, las hojas almacenadoras de la cebolla (catáfilos) son órganos homólogos, respecto a las hojas comunes y hojas florales. Los órganos homólogos representan una evidencia de la evolución divergente de individuos con ancestro común.

- **Órganos análogos.** Poseen organización estructural diferente, pero desempeñan la misma función. Por ejemplo, las alas de insectos y de las aves son órganos análogos. En las plantas, las raíces y tallos almacenadores subterráneos (zanahoria, papa), los tallos fotosintéticos y las hojas (cactus, plantas comunes) son análogas. Los órganos análogos son pruebas de evolución convergente (convergencia evolutiva).
- **Órganos rudimentarios.** Son estructuras de tamaño reducido que los organismos han heredado de sus ancestros evolutivos, los cuales han cambiado de función o, actualmente, no cumplen una función determinada. Los cambios morfológicos y la reducción de los órganos se explican por las modificaciones genéticas ocurridas durante la evolución.

  Las ballenas conservan los huesos de la cadera y el fémur de sus antepasados cuadrúpedos, las serpientes, en su etapa embrionaria, poseen apéndices o patas. En el cuerpo humano, hay más de 100 órganos rudimentarios, entre los que están comprendidos los músculos nasales y auriculares, la muela del juicio, la membrana nictitante, el vello corporal, el pezón en el varón, los músculos segmentarios abdominales, el apéndice vermiforme y el cóccix.

Archaeopteryx lithographica

c. Prueba de la embriología

La embriología es una rama de la anatomía que estudia el desarrollo embrionario. En 1868, el alemán Ernest Haeckel formuló la ley biogenética fundamental, según la cual, la ontogenia es una recapitulación rápida y breve de la filogenia. El individuo repite, en el transcurso rápido y breve de su desarrollo, los más importantes cambios que experimentaron sus antepasados en el curso lento y prolongado de su desarrollo evolutivo. El proceso es conocido también como recapitulación. La filogenia hace referencia a la historia evolutiva de una especie, mientras que la ontogenia al desarrollo de un individuo.

Así, durante el desarrollo embrionario del hombre, se repiten las etapas de la historia evolutiva del hombre. El cigoto corresponde a la etapa evolutiva de los organismos unicelulares. La fase de mórula se correlaciona con la etapa de organismos coloniales, el embrión pasa por etapas en las cuales guarda semejanza con el de los peces, anfibios, reptiles y finalmente con el de los mamíferos.

d. Pruebas citológicas

Todos los seres vivos son descendientes de un solo tipo de ancestro celular; por divergencia evolutiva, se han originado tres grandes grupos de organismos: *Eukarya*, *Bacterya* y *Archaea*.

La estructura, las medidas y composición de las membranas celulares, los ribosomas, organelos flagelares, paredes celulares, organelas celulares, etc. han permitido establecer esta correlación evolutiva, además que revelan una unidad en la organización de todos los seres vivos.

e. Pruebas bioquímicas

Dos aspectos bioquímicos son evidencias de evolución: la composición molecular y las vías metabólicas. El estudio de los componentes bioquímicos ha revelado que hay más similitud bioquímica cuando existe más cercanía evolutiva.

Las moléculas más importantes estudiadas son las proteínas, cuya secuencia de aminoácidos guarda relación directa con la función que desempeñan a nivel celular y sistémico. Se ha estudiado la composición de la hemoglobina, citocromos, enzimas, histona H1, etc. En las plantas, los pigmentos fotosintéticos son de gran utilidad.

Dos condiciones permiten que las proteínas puedan ser utilizadas como rastros evolutivos: la gran variedad y su relación con la herencia. Sin embargo, para que una proteína pueda ser útil evolutivamente, es necesario que tenga cierto grado de variabilidad entre las especies.

f. Pruebas sanguíneas y serológicas

Los grupos sanguíneos y anticuerpos que producen dos especies son más semejantes cuando son cercanos evolutivamente. Un ejemplo es el sistema Rh que se encuentra tanto en el mono Rhesus como en el hombre.

g. Pruebas de la genética, citogenética y biología molecular

Hace referencia a la universalidad del código genético del ADN. Igualmente, la existencia del ADN en organelas membranosas como las mitocondrias y los cloroplastos, así como la semejanza en las moléculas de ARN ribosómico representan evidencias del parentesco evolutivo. La homología del ADN (prueba del ADN) indica parentesco directo.

A nivel citogenético se estudian la estructura y morfología cromosómica para establecer las relaciones de parentesco. El estudio del ADN mitocondrial ha permitido establecer que todos los seres humanos actuales provenimos de un solo ancestro común africano (*Homo sapiens*), quien migró a los diversos continentes. También estudios de este tipo han demostrado que los cambios biológicos desde la especie *Homo habilis* han sido muy pequeños.

h. Pruebas biogeográficas

La biogeografía estudia la distribución de animales y plantas, bajo el criterio de que cada especie se originó una sola vez. A partir del centro de origen, cada especie se disemina hasta que su distribución la detiene una barrera física; conforme ocurre la distribución, la variabilidad entre los organismos es cada vez mayor, así como las diferencias entre los grupos extremos.

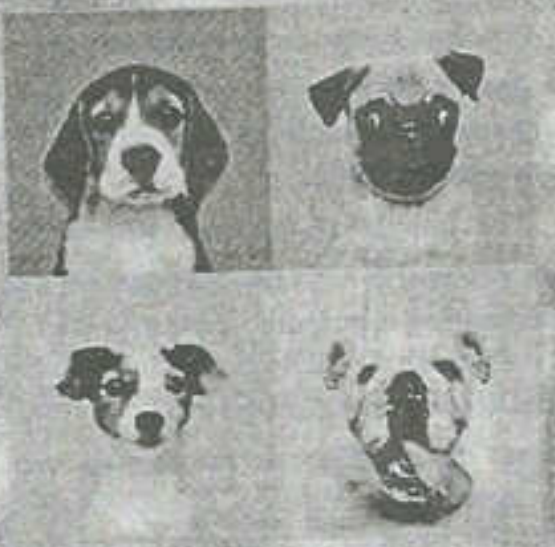
i. Pruebas de la domesticación

Existen muchas variedades de organismos que han sido domesticados por el hombre, para lo cual se toma en cuenta las condiciones biológicas favorables de crianza en cautiverio; con esto se logra demostrar que aún dentro de una especie algunos individuos manifiestan aptitudes especiales para ser domesticados.

j. Pruebas taxonómicas

La gran variedad de organismos representó uno de los primeros argumentos que impulsaron el estudio de la evolución. De hecho, desde el siglo XVI se proponía que los organismos han sido el producto de un proceso de modificación a partir de especies antiguas. La gran variedad de animales y plantas cuestionaron la creación especial.

Perros de diseñador



Los humanos hemos interferido de manera despiadada con los descendientes modernos de un linaje muy largo y distinguido. Dicho linaje se originó hace, aproximadamente, 40 millones de años con la aparición de carnívoros que vivían en los árboles y tenían apariencia similar a las pequeñas comadrejas. Sus descendientes evolucionaron a lo largo de ramificaciones distintas que ahora incluyen a las comadrejas, los tejones, las nutrias, los zorrillos, los osos, los pandas, los mapaches y los perros. Hace cerca de 50 000 años se comenzó la domesticación de los perros salvajes. Sin duda, las ventajas de estos fueron importantes. Los perros domésticos eran capaces de cuidar a la gente y sus pertenencias. Sabían acorralar, matar y deshacerse de las grandes ratas y otras plagas indeseables. Hace cerca de 14 000 años se comenzaron a desarrollar nuevas variedades (razas) mediante selección artificial. Los perros individuales con formas deseables de determinados rasgos se seleccionaban de cada nueva camada y más tarde eran alentados a reproducirse. Aquellos con rasgos indeseables no se seleccionaban y por tanto no se reproducían. Tras escoger lo mejor de las camadas durante cientos o miles de generaciones se lograron obtener collies, para el cuidado de rebaño de ovejas, dachshunds para la caza de tejones, perros labrador para recoger presas de caza y huskies para jalar trineos. Y en determinado momento surgió el interés por los perros extraños y fuera de lo común. ¡Imagina esto! Prácticamente en un abrir y cerrar de ojos, desde el punto de vista de la evolución, efectuamos una selección entre la reserva de alelos variante de los perros para obtener rasgos tan extremos como los del gran danés o el chihuahueño. En ocasiones, los diseños caninos exceden los límites del sentido común biológico. Por ejemplo, ¿cuánto podría vivir el diminuto remilgón, casi calvo y prácticamente indefenso perro chihuahueño en un entorno salvaje? Sin duda, no mucho. ¿y qué podríamos afirmar sobre el bulldog inglés seleccionado para tener un hocico demasiado corto y una cara comprimida? Hace mucho tiempo, quienes criaban perros pensaban que estos rasgos, en especial, le permitirían morder mejor la nariz de un toro (el porqué deseaban que los perros fueran capaces de morder a los toros es otra historia) de modo que en la actualidad el paladar de la boca del perro bulldog es ridículamente amplio y a menudo poco firme, y los bulldog tienen problemas para respirar. En ocasiones, no tienen el suficientemente aire y llegan a desmayarse.

STARR, Cecie y Ralph TAGGART. *Biología: La unidad y diversidad de la vida*. Madrid: Editorial Thomson, 2004.

Preguntas resueltas

Pregunta 1

Dos organismos, que tienen parentesco más cercanos, presentan proteínas más semejantes. El estudio de dichas moléculas para determinar parentescos evolutivos se realiza mediante las pruebas

A) paleontológicas.
B) bioquímicas.
C) de la anatomía comparada.
D) citogenéticas.
E) embriológicas.

Resolución

Una de las evidencias evolutivas se corrobora mediante la prueba bioquímica, la cual compara proteínas como las histonas y los citocromos entre los organismos para determinar parentescos cercanos.

Clave B

Pregunta 2

Según la teoría sintética de la evolución, ¿cuál es uno de los factores evolutivos que tiende a la homogeneidad de los organismos de una población?

A) mutación
B) selección natural
C) migraciones
D) *crossing over*
E) reproducción no endogámica

Resolución

Algunos factores evolutivos generan variabilidad en la población como por ejemplo, las mutaciones; mientras que otros como la selección natural y la deriva génica generan homogeneidad.

Clave B

Pregunta 3

Según la teoría de la selección natural de Darwin, ¿cuál de los siguientes postulados no forma parte de esta teoría?

A) Las especies cambian continuamente, se originan unas y se extinguen otras.
B) Todos los organismos poseen un impulso interno hacia la perfección.
C) El proceso de la evolución es gradual y continuo.
D) Los organismos semejantes están emparentados y descienden de un antepasado común.
E) El cambio evolutivo es el resultado de la selección.

Resolución

La teoría de la selección natural es una de las cinco teorías propuestas por Darwin para la evolución, la cual en ningún momento propone el perfeccionamiento de los seres vivos, tal como lo proponía Lamarck.

Clave B

Pregunta 4

Las adaptaciones similares, a pesar de que provienen de diferentes linajes evolutivos, como por ejemplo, el tiburón y el delfín se deben a

A) la presión de un ambiente en condiciones climáticas diferentes en la que vivieron los ancestros.
B) las migraciones constantes de los ancestros.
C) la acción de una fuerza sobrenatural.
D) la presión de un medio similar en la que vivieron los ancestros.
E) las extinciones masivas provocadas por los desastres naturales.

Lumbreras Editores

Resolución
La evolución convergente ocurre por la presión que ejerce el medio similar en organismos filogenéticamente lejanos, por ejemplo, el topo y el grillo topo están adaptados a hábitats subterráneos.

Clave D

Pregunta 5

Luego del viaje a bordo del Beagle, Darwin tuvo que afrontar algunos debates, como el problema

A) de la dilución.
B) del gradualismo.
C) de la radiación adaptativa.
D) del transformismo.
E) de los caracteres adquiridos.

Resolución
Observada la gran variabilidad de aves pinzones en las islas Galápagos, Darwin se enfrentó al problema de la dilución; propone que una variación que surgiera en una generación se diluiría al transmitirse a la descendencia. Darwin se vio obligado a suponer que la misma variación debe surgir una y otra vez para que se forme una variedad.

Clave A

Pregunta 6

Los análisis, por medio de marcadores microsatélites, en 14 familias de pacientes con el síndrome de Smith-Magenis y en 6 familias con duplicaciones cromosómicas indican que estas anomalías se deben a recombinaciones genéticas no recíprocas. El principal proceso de esta variabilidad genética, en los individuos con reproducción asexual, es

A) la mutación.
B) el *crossing over*.
C) la reproducción no aleatoria.
D) la transferencia horizontal de genes.
E) la reproducción aleatoria.

Resolución
La recombinación genética es el proceso por el cual una hebra de material genético se corta y luego se une a una molécula de material genético diferente. Comúnmente se produce durante la meiosis en el proceso denominado *crossing over*.

Clave B

Pregunta 7

Indique los enunciados correctos respecto de las pruebas paleontológicas de la evolución.

I. Los fósiles son pruebas directas.
II. Los huesos son un tipo de restos anatómicos.
III. El insecto en ámbar es un preservado.
IV. Los mamuts congelados son petrificados.

A) I y II B) I, II y III C) II y III
D) I, III y IV E) I y III

Resolución
Los fósiles son pruebas directas de la evolución, los huesos son un tipo de restos anatómicos, el insecto se presenta en sustancias como el ámbar o resinas; en cambio los mamuts congelados son preservados o momificados en hielo.

Clave B

Pregunta 8

Determine los factores que causan variaciones en la poza génica y hacen posible la evolución.

A) el uso constante de un órgano y la selección natural
B) el *crossing over* y la selección natural
C) la mutación y la selección artificial
D) la recombinación genética y heredabilidad de los caracteres adquiridos
E) la recombinación genética y el flujo genético

Resolución

La poza génica es el conjunto de genes presentes en un momento dado entre los miembros reproductivamente activos de una población y variará por flujo genético, recombinación genética y mutación.

Clave E

Pregunta 9

En las teorías evolutivas, dos teorías propuestas por Darwin son las que más fuertemente se debaten hoy en día. Determine cuáles son.

A) cambio perpetuo y mutación
B) origen común y gradualismo
C) divergencia y selección natural
D) gradualismo y cambio perpetuo
E) gradualismo y selección natural

Resolución

El gradualismo y la selección natural son las teorías propuestas por Darwin que más se debaten actualmente entre la comunidad científica, por ejemplo, con teorías del equilibrio puntuado y el altruismo.

Clave E

Pregunta 10

Junto con la selección natural, ¿cuál es otro de los factores evolutivos que tienden a formar poblaciones homocigóticas?

A) *crossing-over*
B) migraciones
C) flujo genético
D) deriva génica
E) mutaciones

Resolución

Frente a factores que tienden a la variabilidad de las poblaciones biológicas, la selección natural y la deriva génica determinan homogeneidad entre los individuos de una población.

Clave D

Pregunta 11

La maestra explica a los niños que las serpientes son reptiles. Sin embargo, Robertito observa que estas no tienen patas y le dice a su compañero Luisito que las perdieron, ya que no les eran de utilidad para desplazarse. Según el caso anterior, se está dando una explicación de acuerdo

A) al uso y desuso.
B) a la selección natural darwiniana.
C) a la supervivencia del más apto.
D) a la síntesis neodarwinista.
E) a la evolución basada en la genética.

Resolución

La hipótesis de uso y desuso explica que en todo animal que no ha traspasado el final de su desarrollo, el uso frecuente y sostenido de un órgano cualquiera lo fortifica poco a poco; mientras que el desuso constante de tal órgano lo debilita.

Clave A

Pregunta 12

En una conferencia se debatió sobre el medio ambiente y su relación con la evolución de la vida. Según la biología actual, es correcto afirmar que

I. los cambios en el ambiente generan nuevas necesidades en los organismos.
II. las condiciones de un ambiente favorecen la reproducción de unos organismos vivos.
III. la falta de adaptación lleva a una población hacia la extinción.

A) solo I B) I y II C) I y III
D) II y III E) I, II y III

Resolución

Los cambios en el ambiente no generan nuevas necesidades, sino que favorecen la reproducción de unos organismos vivos sobre otros y la falta de adaptación conlleva hacia la extinción.

Clave D

Lumbreras Editores

Preguntas propuestas

1. Charles Darwin, en su libro *El origen de la especies*, propone que los miembros de una población con características mejor adaptadas sobrevivirán más probablemente. ¿Cuál es el mecanismo que propone Darwin para este proceso?

A) la transmisión de caracteres adquiridos
B) la extinción del más apto
C) la supervivencia del más apto
D) las mutaciones
E) la ley del uso y desuso

2. Relacione correctamente.

I. Cuvier
II. Lamarck
III. Lyell
IV. De Vries

a. uniformitarismo
b. mutacionismo
c. transformismo
d. catastrofismo

A) Ia, IId, IIIc, IVb
B) Id, IIb, IIIa, IVc
C) Ic, IIb, IIId, IVa
D) Id, IIc, IIIa, IVb
E) Ib, IId, IIIc, IVa

3. *Jurassic Park*, la película de ciencia ficción, recrea la existencia de insectos preservados en ámbar, los cuales fueron utilizados para extraer de ellos células sanguíneas de dinosaurios y su posterior clonación. Esos insectos son una prueba evolutiva de tipo

A) paleontológica.
B) de anatomía comparada.
C) embriológica.
D) citogenética.
E) bioquímica.

4. La presencia de los órganos análogos es prueba de la evolución convergente, esto se puede apreciar en

A) las alas de aves y murciélagos.
B) las patas de perros y caballos.
C) las aletas de delfines y ballenas.
D) el brazo humano y el ala de un ave.
E) los ojos de peces e insectos.

5. La aparición independiente de estructuras semejantes, en especies relacionadas lejanamente, es un tipo de evolución denominada

A) radiación adaptativa.
B) coevolución.
C) evolución divergente.
D) evolución convergente.
E) evolución advergente.

6. Según la teoría sintética actual, determine uno de los factores de la evolución.

A) adaptación
B) caracteres adquiridos
C) deriva génica
D) ley de uso y desuso
E) preadaptación

7. Según la teoría evolutiva lamarckiana, una de las críticas hacia sus postulados es

A) que el motor de la evolución es la mutación.
B) que el ambiente cambia.
C) la ley de la herencia de los caracteres adquiridos.
D) la deriva génica como mecanismo evolutivo.
E) la lucha por la supervivencia.

Lumbreras Editores

8. Una de las dificultades que tuvo Darwin para explicar la evolución por selección natural fue fundamentar la

A) alta tasa reproductiva.
B) lucha por la supervivencia.
C) variabilidad.
D) ley del uso y desuso.
E) supervivencia del más apto.

9. La teoría sintética de la evolución toma como principales aportes a la

A) selección natural de Darwin y la ley del uso y desuso.
B) ley del uso y desuso de Lamarck y la genética mendeliana.
C) mutación de Vries y la genética mendeliana.
D) selección natural de Darwin y la genética mendeliana.
E) mutación de Vries y la ley del uso y desuso de Lamarck.

10. La propuesta de la teoría ....., apoyado por Lyell, indica que los procesos naturales del planeta son los mismos en todas las épocas geológicas.

A) del uniformismo
B) del catastrofismo
C) de los caracteres adquiridos
D) de la ley del uso y desuso
E) de la abiogénesis

11. La teoría evolutiva propone que la evolución se explica por cambios graduales genéticos en las poblaciones. El enunciado anterior corresponde a un postulado de la teoría

A) sintética.
B) mutacionista.
C) lamarckista.
D) creacionista.
E) catastrófica.

12. Aquellos órganos que presentan estructuras semejantes, pero funciones diferentes se les denominan

A) rudimentarios.
B) vestigiales.
C) homólogos.
D) atrofiados.
E) análogos.

13. El proceso en el que se originan dos especies diferentes entre sí, por la adaptación a distintos ambientes y a partir de un ancestro común se denomina

A) anagénesis.
B) cladogénesis.
C) coevolución.
D) microevolución.
E) macroevolución.

14. Según los patrones de evolución, en el caso del cuerpo fusiforme de los pingüinos y el tiburón, su evolución es de tipo

A) convergente.
B) divergente.
C) independiente.
D) por coevolución.
E) por radiación adaptativa.

15. ¿Cuál de las siguientes premisas es la que mejor define, en la actualidad, a la evolución?

A) Estudia las adaptaciones de los organismos a su medio ambiente.
B) Ciencia que estudia la influencia del medio ambiente sobre los seres vivos.
C) Son los cambios continuos que experimenta una población a través del tiempo.
D) Son las modificaciones que experimenta un organismo a lo largo de su desarrollo.
E) Es el estudio de los cambios fisiológicos que ocurren en los individuos de una especie a través del tiempo.

Lumbreras Editores

16. Relacione ambas columnas.

I. Jean Baptiste de Lamarck
II. Charles Darwin
III. Thomas Hutton
IV. Charles Lyell

a. *Teoría de la Tierra*
b. *El origen de las especies por mecanismos de la selección natural*
c. *Principios de geología*
d. *Filosofía zoológica*

A) IIIa, IIb, Ic, IVd
B) IIa, IIIb, IVc, Id
C) IIIa, IVb, IIc, Id
D) Ia, IIb, IVc, IIId
E) IIIa, IIb, IVc, Id

17. Relacione ambas columnas con respecto a la teoría evolutiva y su autor.

I. transmisión de los caracteres adquiridos
II. selección natural
III. mutacionista
IV. sintética
V. neutralista

a. Hugo de Vries
b. Theodosius Dobzhansky
c. Motoo Kimura
d. Charles Darwin
e. Jean Baptiste de Lamarck

A) Id, IIe, IIIa, IVc, Vb
B) Ic, IId, IIIa, IVe, Vb
C) Ic, IId, IIIa, IVb, Ve
D) Ie, IId, IIIa, IVb, Vc
E) Ie, IId, IIIb, IVa, Vc

18. La relación entre el algodoncillo, planta que sintetiza sustancias químicas desagradables y la oruga de la mariposa monarca, que fue desarrollando con el tiempo sustancias químicas para desintoxicarse, es un claro ejemplo de

A) coevolución.
B) evolución paralela.
C) evolución convergente.
D) evolución divergente.
E) radiación adaptativa.

19. Marque el valor de verdad (V o F) de las siguientes afirmaciones, según corresponda.

I. Los órganos homólogos son aquellos que poseen similar forma y función, pero distinto patrón básico.
II. Aquellos organismos que comparten estructuras análogas es porque han evolucionado convergentemente.
III. La presencia de órganos vestigiales en un organismo indica que pudo ser funcional en sus ancestros.
IV. La evolución de los mamíferos placentarios a partir de un ancestro en común es un ejemplo de evolución paralela.

A) FFVF
B) VFVF
C) VVVF
D) FVVV
E) FVVF

20. Según una investigación del Instituto de Investigación Biomédica, la histona es una proteína globular de estructura terciaria, que mantiene silenciada una zona del genoma que si se transcribe causaría daños irreparables en el ADN y sería letal para el organismo. La histona que está relacionada a evidencias evolutivas se denomina

A) H3.
B) H2A.
C) H2B.
D) H1.
E) H4.

Lumbreras Editores

A todo el público en general:

El Proyecto Modo Scan+100, nace de una idea del **Team Calapenshko**, el cual es difundir todo aquel texto inédito que no esté circulando en la red.

Nuestro Grupo Calapenshko hace el mejor esfuerzo para digitalizar este libro, y así usted estimado lector pueda obtener la mejor experiencia que toda persona desea al abrir un libro.

Este proyecto llega gracias a las **donaciones que se pudo obtener de 100 personas** comprometidas con el proyecto **MODO SCAN+100**.

Este libro no debe ser prostituito monetariamente, este libro no debe ser coleccionado, este libro debe ser destruido analíticamente, así que te invito a leerlo.

No pagues por este libro de **circulación gratuita**, búscalo en la red.

Atentamente, el **GRUPO CALAPENSHKO**

18 de agosto del 2020

CAPÍTULO XVII

ORIGEN DE LA VIDA

Objetivos

- Analizar el camino que ha seguido la ciencia para resolver el problema del origen de la vida.
- Identificar las distintas teorías que se han desarrollado sobre el origen de los seres vivos.
- Comprender los mecanismos que, bajo una concepción científica, permiten explicar el origen de los seres vivos.

Introducción

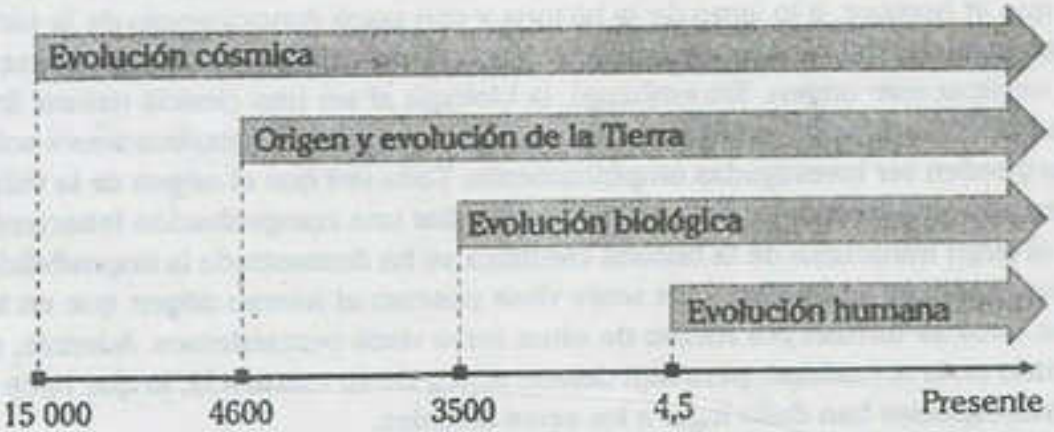
El origen de la vida es uno de los temas más fascinantes de las ciencias naturales, pues el hombre siempre se ha preguntado ¿cómo y cuándo se originó la vida? ¿por el diseño inteligente de un ser superior, por generación espontánea de la vida inerte, por objetos procedentes del espacio, por el desarrollo de la naturaleza? Las diferencias existentes entre el mundo inorgánico y orgánico han hecho posible que el hombre, a lo largo de la historia y con poco conocimiento de la naturaleza, afirme un origen especial del mundo orgánico, de carácter metafísico, utilizando fuerzas sobrenaturales para explicar este origen. Sin embargo, la biología al ser una ciencia natural limita sus explicaciones a los fenómenos de explicación natural, y no considera las explicaciones sobrenaturales, ya que no pueden ser investigadas empíricamente. Toda vez que el origen de la vida no sea un suceso observado sino deducido, será complicado hallar una comprobación fehaciente sobre este. Como en el largo transcurso de la historia científica se ha demostrado la imposibilidad de la generación espontánea, se deduce que los seres vivos poseían el mismo origen que en la época actual: los seres vivos se forman por medio de otros seres vivos preexistentes. Además, muchos seres ya no existen en la actualidad, pero han dejado restos de su existencia, lo que hace deducir que seres de otras especies han dado lugar a los seres actuales.

El origen de la vida se debe buscar en el proceso de la evolución material, cuyo cambio y transformación originaron cuerpos dotados de autonomía, los cuales han evolucionado y evolucionan sobre la base de sus propios mecanismos. Esta evolución biológica solo es un aspecto de la evolución global del cosmos, representa el cambio en la diversidad y adaptación de las poblaciones de organismos. La evolución también constituye, en otro nivel, el desarrollo histórico de las formas de organización social del hombre, desde la comunidad primitiva hasta el capitalismo. El desarrollo del conocimiento está enmarcado dentro de la evolución, en el plano de la búsqueda de interpretar de modo objetivo la realidad y su aplicación a la solución de problemas inherentes al hombre. Cada nivel evolutivo está regido por leyes generales y particulares. La búsqueda y la aplicación de estas leyes constituyen el eje de la evolución del conocimiento humano.

1▸ ANTECEDENTES

Como parte de la evolución de la materia terrestre se han originado los seres vivos, los cuales han evolucionado y continúan en este proceso indefinidamente. El origen de la vida debe buscarse en el proceso de la evolución de la materia, cuyo cambio y transformación originaron cuerpos dotados de autonomía que han evolucionado y aún continúan en ese proceso, sobre la base de sus propios mecanismos. En ese marco, la evolución biológica solo es un aspecto de la evolución global del cosmos, y representa el desarrollo dentro de la diversidad y adaptación de las poblaciones de organismos. Respecto a este desarrollo, dice Oparin (1924) que en "la era posdarwiniana continuaron, sin embargo, utilizando aquel mismo enfoque metafísico que anteriormente había sido aplicado también al caso de los seres vivos altamente organizados. Vemos así que, incluso después de Darwin, se pretendía explicar el origen de la vida prescindiendo totalmente del concepto de una evolución general de la materia". La biología clásica concibe el origen de la vida como una acción de generación súbita y espontánea de seres vivos, en el que ya se observaban todas las propiedades de la vida, aun en los seres vivos más simples.

Sin embargo, este punto de vista no es concordante con los datos experimentales, lo cual provocó debates científicos y filosóficos sobre la definición de vida con relación a sus propiedades. Debido al desarrollo actual de la ciencia, se ha ido descifrando el desarrollo de la materia en las diversas etapas hasta la formación de los primeros seres vivos. Con esta base se han iniciado diversos estudios experimentales que proponen develar el problema del desarrollo de los primeros seres en la Tierra.



El esquema representa la evolución de la materia en sus diferentes niveles a través del tiempo, representado en millones de años. En el caso de la evolución humana, se está considerando desde los *Australopithecus*.

2▸ TEORÍA DE LA GENERACIÓN ESPONTÁNEA (ABIOGÉNESIS)

Durante la comunidad primitiva, los primeros hombres, en su lucha constante con la naturaleza, observaban cómo de la Tierra surgían nuevas plantas y animales. Las limitaciones para explicar estos fenómenos condujeron al desarrollo de la teoría de la generación espontánea en su forma más simple.

Alrededor de la generación espontánea se construyeron algunas leyendas curiosas; por ejemplo, se encuentra aquella que sostenía que de los cadáveres de vacunos se formaban abejas y de los caballos, avispas. En *Cazadores de microbios* de De Kruif, una antigua creencia consideraba que "tómese un becerro y mátesele de un golpe en la cabeza; entiérrese en la posición normal del animal vivo, de modo que los cuernos queden al descubierto; déjesele durante un mes y después, si se le sierran los cuernos, se verá salir volando de ellos un enjambre de abejas".

Luchnik (1992) menciona que Marco Terencio Varrón, eminente científico y escritor de la Roma antigua, escribió en su manual de agricultura que las abejas descienden de los bueyes en estado de descomposición. Precisamente por eso, Arquelao dice en su epigrama que las abejas son hijos alados de los bueyes putrefactos y escribe también que de los caballos descienden las avispas.

La corriente materialista, representada por filósofos naturistas como Tales de Mileto, Anaximandro, Jenófanes y Demócrito, redujo a la mínima expresión los elementos místico-religiosos, y resaltó el aspecto material del desarrollo de la vida a partir de los elementos de la naturaleza como la tierra, agua, fuego y aire. La escuela de Epicuro, perteneciente a esta corriente, planteó el surgimiento de la vida gracias a la lluvia y al calor del sol sin la intervención de dioses.

Según una antigua creencia, las abejas se generaban espontáneamente a partir de animales muertos.

2.1. LA GENERACIÓN ESPONTÁNEA - VITALISTA DE ARISTÓTELES

La generación espontánea propone que los gusanos, insectos, peces, cangrejos y salamandras se formaron por un origen espontáneo a partir del rocío, del sudor, del agua de mar y de los suelos húmedos, e incluso propuso que el hombre tuvo el mismo origen. En cambio, la propuesta de Aristóteles explicaba que para la formación de la vida era necesaria la interacción de la materia inerte con una fuerza metafísica capaz de dar vida a lo que no lo tenía, la cual él denominó entelequia.

Una vez establecido el cristianismo como religión oficial del Imperio romano se agregó la filosofía aristotélica y platónica a la doctrina católica, convirtiéndolos en dogmas teológicos. Debido a esta incorporación, se aceptó la idea de la generación espontánea en el vitalismo, según la cual, para que surja la vida era necesaria la presencia de una fuerza vital, o de un soplo divino, o de un espíritu capaz de animar la materia inerte. La fuerza de la entelequia aristotélica se convirtió, asimismo, en el alma humana.

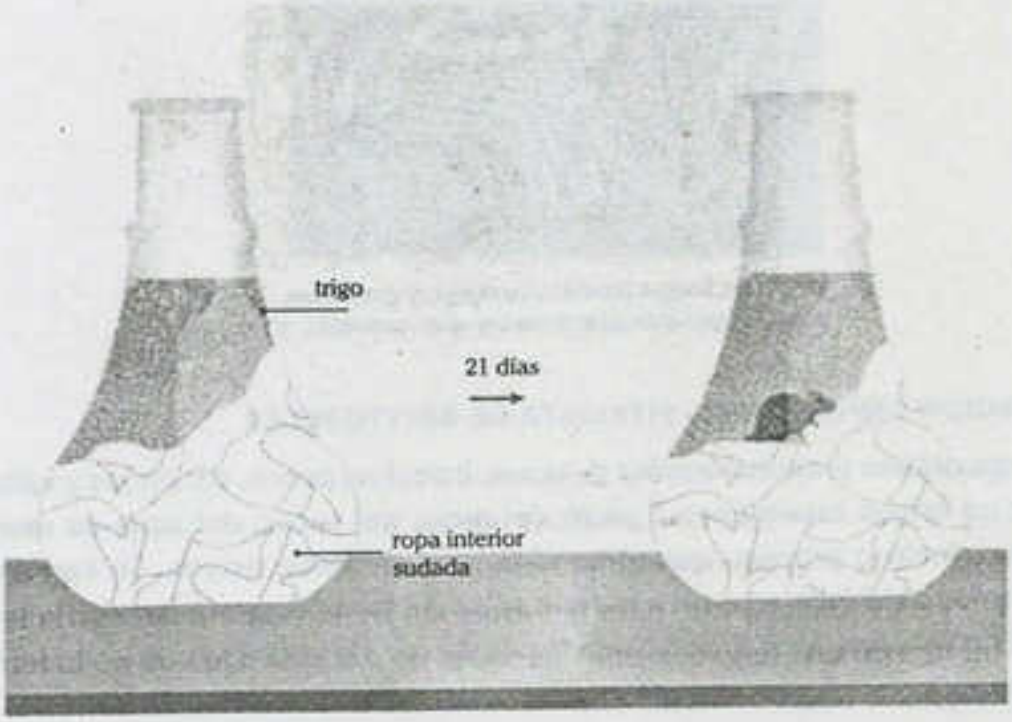
Esta fuerza vital adoptó diversos nombres: la Iglesia Católica le denomina Alma; Leibniz, las Mónadas; Henry Bergson Elan, Vital y Buffon, Fuerza Vegetativa. Algunos intelectuales, relacionados a las ciencias, eran vitalistas, tales como Copérnico, Bacon, Galileo, Harvey, Leibniz, Descartes y Goethe.

2.2. VAN HELMONT Y LA GENERACIÓN ESPONTÁNEA DE RATONES

Johanes B. van Helmont, vitalista, propuso en 1667 una receta según la cual, las criaturas tales como los piojos, pulgas y gusanos nacen de nuestras entrañas, animadas por la fuerza vital del alma humana, que incluso es capaz de impulsar el desarrollo de ratones a partir de la ropa interior con sudor y una porción de trigo. Para Van Helmont, la fuerza vital es el arcano.

En una de sus más conocidas recetas plantea que "(...) Si colocamos ropa interior llena de sudor con trigo en un recipiente de boca ancha, al cabo de veintiún días, el olor cambia y el fermento, surgiendo de la ropa interior y penetrando a través de las cáscaras de trigo, cambia el trigo en ratones". Según esta propuesta se forman ratones de ambos sexos, los cuales se pueden cruzar con ratones que nacen de manera normal. Estos ratones, surgidos del trigo y la ropa sudada, no son pequeños, ni deformes, ni defectuosos, sino que son adultos perfectos.

EXPERIMENTO DE VAN HELMONT



2.3. EXPERIMENTO DE REDI: NO HAY GENERACIÓN ESPONTÁNEA DE MOSCAS

Francesco Redi (1668) fue un médico italiano que comprobó que no se forman larvas de moscas en la carne descompuesta, mientras se impida que las moscas depositen sus huevos en esta. Para esto colocó un trozo de carne en tres frascos iguales: el primero quedó abierto, el segundo lo tapó con un corcho, y el tercero lo cubrió con un trozo de tela bien atada. Luego de unas semanas, Redi observó que en el primer frasco, habían crecido larvas de moscas; mientras que en el segundo y tercer frasco se observó carne putrefacta y maloliente, pero no había crecido ninguna larva de moscas. Esto demostró que la carne muerta no puede engendrar larvas de moscas a menos que sean depositados en ella huevos de estos insectos. Este experimento propuso evidencias contra la teoría de la generación espontánea.

Experimento de Redi. La carne expuesta engendra gusanos provenientes del desarrollo de los huevos de las moscas.

2.4. EXPERIMENTOS DE NEEDHAM VS. SPALLANZANI

La confección de microscopios trasladó el problema de la generación espontánea al mundo microscópico. En Inglaterra, John Needham intentó probar que surgían microorganismos animados por la fuerza vital presente de la materia orgánica en descomposición, constituida por caldos nutritivos.

Frente a ello, Lázaro Spallanzani demostró que los resultados experimentales de Needham solo eran consecuencia de una contaminación previa con microorganismos y no de la generación espontánea postulada por los vitalistas.

3▸ TEORIA DE LA BIOGÉNESIS

Fue el microbiólogo francés Louis Pasteur, en 1861, quien demostró finalmente la incongruencia de la generación espontánea, así como la falsedad de los resultados experimentales anteriormente obtenidos.

Pasteur demostró que no ocurría desarrollo de microorganismos si previamente no había contacto con el aire, de donde provenían los gérmenes que crecían sobre los medios de cultivo utilizados en sus experimentos. Utilizó en sus experimentos los denominados matraces con cuello de cisne en los que colocó líquidos nutritivos estériles que permanecieron exentos de contaminación, a pesar de su contacto con el aire a través del cuello de cisne.

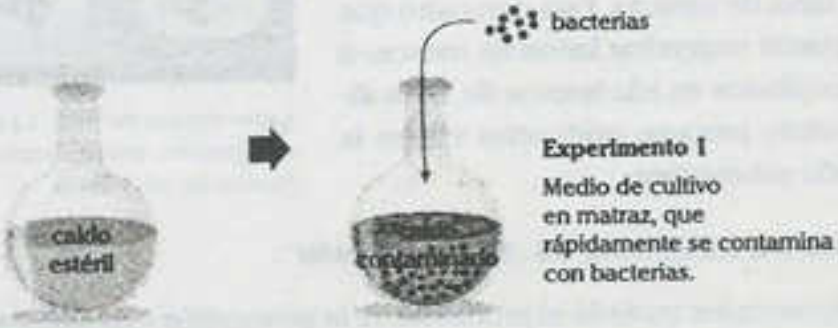
Con esto, Pasteur concluyó que no ocurría generación de microorganismos si previamente no había formas de vida capaces de reproducirse. Su planteamiento *omne vivum ex ovum* (todo ser vivo procede de otro ser vivo anterior) es denominado también teoría de la biogénesis.

Los postulados de Pasteur eran coincidentes con la teoría celular que, habiendo sido planteada unos años antes, se encontraba en pleno desarrollo. En 1858, Virchow enunció el principio unificador de la reproducción celular según el cual, una célula solo puede provenir de otra célula preexistente.

Si bien la teoría de la biogénesis demostró la falsedad de la generación espontánea, no explicó el origen de los seres vivos, pues estos parten de organismos ya existentes. El planteamiento central de la biogénesis explicaba la existencia de los seres vivos al modo del vitalismo mediante el acto de la creación inicial establecida por el dogma religioso.

Los experimentos de Pasteur representaron el triunfo de la ciencia contra el empirismo, pero trajo consigo interrogantes de las cuales la ciencia de la época no estaba en condiciones de darle respuesta. Muchos científicos llegaron a catalogar la pregunta sobre el origen de la vida sin validez científica y abandonaron su búsqueda, convencidos que el problema no hallaría solución.

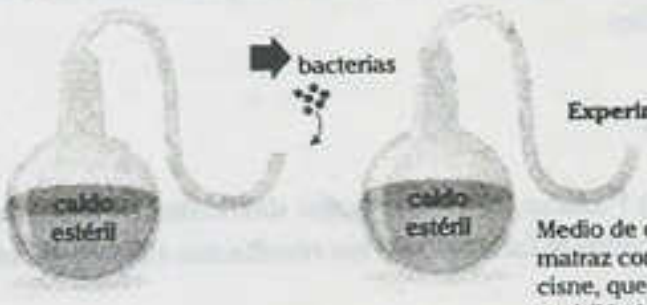
EXPERIMENTOS DE PASTEUR



Experimento 1

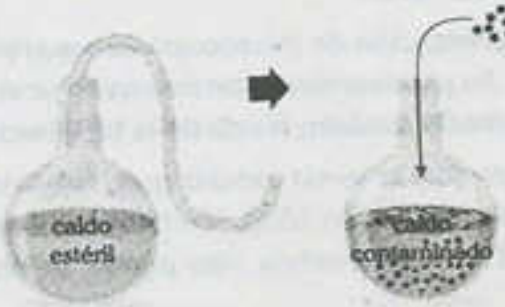
Medio de cultivo en matraz, que rápidamente se contamina con bacterias.

twitter.com/calapenshko



Experimento 2

Medio de cultivo en matraz con cuello de cisne, que permanece estéril indefinidamente.



Experimento 3

Si el cuello del matraz se rompe, el medio rápidamente se contamina.

4▸ Teoría del origen extraterrestre: cosmozoica, cosmogónica o panspermia

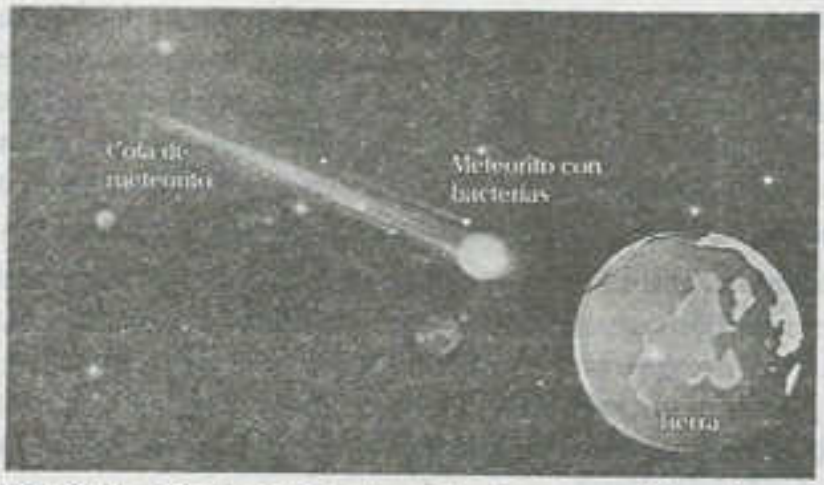
Según Richter, en el espacio interestelar hay cuerpos cósmicos en constante movimiento, de estos se desprenden fragmentos con esporas, gérmenes de vida, que al llegar a la Tierra hallan condiciones favorables para su desarrollo. J. Liebig propuso que en el espacio hay nebulosas, cuerpos celestes que son verdaderos santuarios de gérmenes eternos, y como consecuencia de su movimiento se liberan gérmenes durmientes que viajan por el cosmos y llegan a la Tierra.

En 1874, H. von Helmholtz planteó que la Tierra recibe constantemente meteoritos en cuyo interior se encuentran gérmenes que pueden ingresar a la Tierra sin ser destruidos por la atmósfera. Esta teoría se basa en el principio de la eternidad de la vida y la concepción del origen de la Tierra, a partir de porciones de cuerpos estelares.

La evidencia que actualmente se considera como argumento es el meteorito catalogado como ALH84001, que se desprendió del planeta Marte al espacio hace 16 millones de años y que contiene diminutos bastoncillos de forma similar a bacterias fosilizadas. La antiprueba es el proceso de calcinación al que es sometido el meteorito cuando llega a la Tierra.

Svante Arrhenius 1903 propuso que la vida es eterna en el universo y que se trasmite de un planeta a otro, en forma de diminutas esporas que son impulsadas por la presión de la luz o de la radiación. Según Arrhenius, en el espacio hay cuerpos celestes, planetas de condiciones particulares que les permiten ser centros de vida y que son habitados por microorganismos, los cuales son impulsados fuera de su campo gravitacional por violentas erupciones volcánicas que superan los 100 kilómetros. Estas erupciones generarían colas lanzadoras de esporas al espacio. Como antiprueba, se toman en cuenta la temperatura interplanetaria y la falta de oxígeno, así como la calcinación de cualquier cuerpo al atravesar la cubierta atmosférica de la Tierra, y la imposibilidad de la supervivencia de organismos en el espacio estelar. Los viajes espaciales han demostrado que cualquier cuerpo al entrar en contacto con la fuerza gravitacional terrestre alcanza temperaturas muy grandes, que hacen imposible la supervivencia de cualquier forma de vida.

Teoría cosmozoica



Francis Crick propone la panspermia dirigida, referida al deliberado transporte de microorganismos desde el espacio, enviados a la Tierra con el fin de iniciar la vida aquí, o bien enviados desde la Tierra a otros sistemas solares; propagados por una avanzada civilización extraterrestre. La exobiología es una rama reciente que sobre la base de estudios de la astronomía y la evolución del cosmos, postula la posibilidad del surgimiento de la vida también en otros planetas, de manera semejante a la Tierra. Sin embargo, esa posibilidad está al margen de cualquier presunción sobre el origen de la vida terrestre, pues como se ha venido probando sucesivamente el origen de la vida en la Tierra y su evolución han seguido su propio camino.

5▸ Creacionismo científico

Es la manifestación más actualizada de la crisis del idealismo filosófico y su concepción del mundo ante las evidencias de las ciencias. Utiliza subterfugios lógicos y cálculos estadísticos mal dirigidos para sostener la improbabilidad de un origen de la vida sin la intervención de un agente sobrenatural. Los biomatemáticos George Salet, Harold Morowitz, Coppedge, Emil Borel y William James son sus representantes más notorios. Elliot Sober en su obra *Filosofía de la biología*, señala que "los creacionistas plantean sus teorías porque tienen objetivos políticos. Para evitar la eliminación de su relación con el estado y su pérdida de poder han inventado el término creacionismo científico, intentan defender el creacionismo apelando a pruebas, no a la autoridad de la biblia (...)".

6▸ Teoría bioquímica (quimiosintética)

6.1. Antecedentes

Esta teoría, también denominada origen físico-químico de la vida, es aquella que postula que los primeros organismos vivientes se formaron a partir de elementos abióticos, gracias a las condiciones de la atmósfera primitiva. Fue propuesta por Alexander Oparin en 1924, quien intentaba responder ¿cómo surgió la vida?, después de haber sido rechazada la teoría de la generación espontánea. Recibió los aportes de Darwin y Engels. El aporte de Darwin es importante porque propone una explicación científica de carácter materialista sobre el surgimiento de los seres vivos, además de utilizar el método histórico para resolver los problemas biológicos. Darwin determinó las relaciones entre los organismos y el medio que los rodea, y abrió la posibilidad de estudiar los fenómenos biológicos en el cosmos. Dice Oparin, en su obra *El origen de la vida*, que el mérito de Darwin "estriba en haber roto con el método tradicional, metafísico, utilizado para resolver la cuestión del origen de las actuales especies animales y vegetales. La aparición del hombre o de cualquier otro organismo altamente organizado resulta inconcebible fuera de este proceso de evolución".

El aporte de Engels se encuentra en sus obras *Anti-Dühring* y *La Dialéctica de la naturaleza*. En estas obras, Engels critica lo anticientífico que resulta aceptar que lo vivo puede formarse de modo distinto a las condiciones en que se desarrolla la naturaleza, y estableció la relación dialéctica presente entre la naturaleza viva y la inerte. Tomando en cuenta pruebas científicas de su época, Engels propuso que la vida es una consecuencia del desarrollo cualitativo de la materia, condicionada tanto por una serie de cambios graduales que ocurrieron en la naturaleza como por el desarrollo histórico. Con estos antecedentes, Oparin recibió el impulso para comenzar sus investigaciones, las cuales son un aporte científico a la concepción materialista-dialéctica del mundo.

Debido a sus estudios en el campo de la astronomía, Oparin conocía que en el Sol, en Júpiter y en otros cuerpos celestes existen gases como el amoniaco, metano e hidrógeno. Así también, utilizó sus conocimientos en geología para explicar la presencia de agua en el ambiente caliente de la Tierra primitiva. Además conocía lo que hoy en día se sabe, que existen en promedio 30 km de espesor de la corteza terrestre constituidos de roca magmática, lo que evidencia la intensa actividad volcánica que había en la Tierra.

Esta intensa actividad volcánica expulsa cerca de un 10% de vapor de agua junto con el magma, y es probable que eso haya ocurrido al inicio de la vida. Esta continua actividad de los volcanes por millones de años habría provocado que se presente una saturación de humedad en la atmósfera.

6.2. POSTULADOS Y DESARROLLO

Ha tenido que presentarse cuatro requisitos para la evolución química: ausencia total o casi total de oxígeno libre, una fuente de energía, la disponibilidad de compuestos químicos simples, y tiempo.

- Primero, la vida solo pudo haberse originado en ausencia de oxígeno libre, ya que, el oxígeno es un elemento muy reactivo y habría oxidado a las moléculas orgánicas necesarias para la aparición de los primeros organismos. Por lo tanto, la atmósfera terrestre primitiva era de carácter fuertemente reductor.
- Segundo, para el origen la vida habría necesitado energía para la síntesis de moléculas orgánicas complejas a partir de moléculas inorgánicas simples. En la Tierra primitiva se presentaban violentas descargas eléctricas, vulcanismo, bombardeo de meteoritos, otros objetos extraterrestres y una intensa radiación, incluyendo la radiación ultravioleta del Sol; esto hacía de la Tierra un lugar de alta energía. Posiblemente, el Sol joven producía más radiación ultravioleta que el actual. Por último, la Tierra no presentaba la capa de ozono protectora, por lo que no había obstrucción para el ingreso de gran parte de la radiación extraterrestre.
- Tercero, la presencia de sustancias como el agua y gases como metano (CH_4), amoniaco (NH_3) e hidrógeno (H_2) eran necesarias como componentes para una evolución química.
- Cuarto, era necesario un tiempo adecuado. Se conoce que la edad de la Tierra es de, aproximadamente, 4600 millones de años y los fósiles más antiguos que se conocen datan de hace unos 3500 millones de años, por lo que se deduce que hubo varios cientos de millones de años para que se origine la vida en la Tierra.

La primera etapa del origen de la vida tuvo que iniciarse con la formación de compuestos orgánicos, material básico que después habría de servir para la formación de todos los seres vivos. En lo fundamental, todos los seres vivos están constituidos por compuestos orgánicos, los cuales son resultado de las reacciones químicas de los compuestos inorgánicos. De estos surgieron compuestos que contenían diferentes combinaciones de átomos de carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. De esta manera se formaron las numerosas sales amoniacales, las amidas, las aminas y principalmente los aminoácidos cuya concentración en los mares constituyó el caldo primitivo.

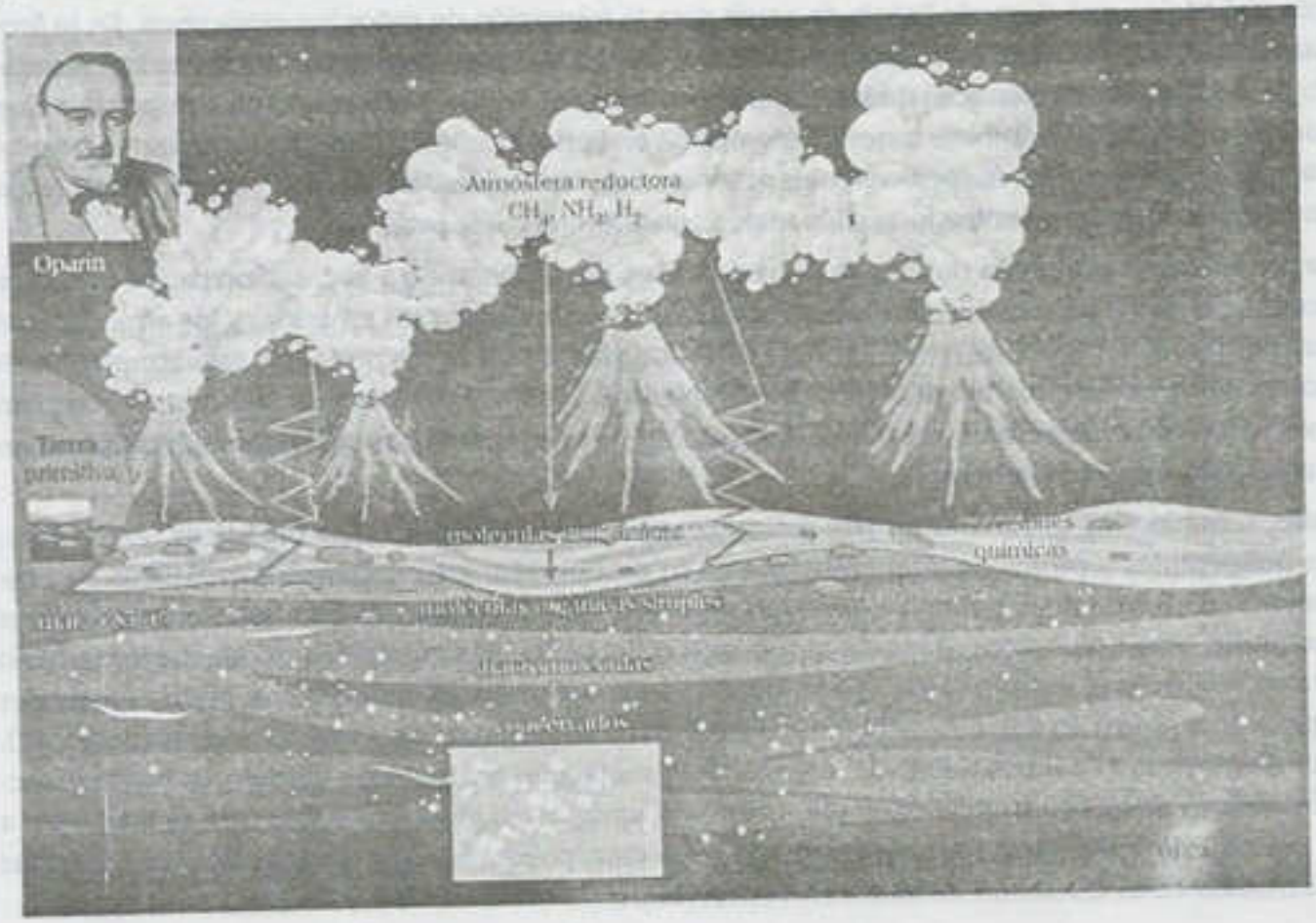
La presencia de las lluvias durante millones de años acabó llevando a la creación de los primeros océanos de la Tierra, y hacia ellos fueron arrastradas con las lluvias las proteínas y los aminoácidos que permanecían sobre las rocas. Durante un tiempo incalculable, las proteínas se acumularían en océanos primordiales de aguas templadas del planeta. Las moléculas se combinaban, se rompían y volvían a combinarse con una nueva disposición. De esa manera, las proteínas se multiplicaban cuantitativa y cualitativamente.

Estas subunidades estructuraron por polimerización las macromoléculas orgánicas, entre ellas, los polipéptidos y proteínas. Al incrementarse su producción, los compuestos orgánicos se acumularon de forma acelerada en este caldo primitivo. La concentración que hubo en zonas poco profundas tuvo como consecuencia la formación de moléculas coloidales de un mayor tamaño y, a su vez, de una estructura compleja, denominada **coacervado**, nombre con el que Alexander Oparin se refería a un tipo de protobionte a partir del cual surgirían las primeras células (eubionte). Químicamente, el coacervado es un agregado de moléculas mantenidas unidas por fuerzas electrostáticas y sintetizadas abióticamente. Un protobionte es un glóbulo estable que es propenso a la autosíntesis si se agita una suspensión de proteínas, polisacáridos y ácidos nucleicos. Muchas macromoléculas quedaron incluidas en coacervados.

Oparin demostró, en sus experimentos de laboratorio, la formación de membranas lipídicas y la formación de unas gotas ricas en moléculas orgánicas, las cuales estaban separadas del medio acuoso por una membrana rudimentaria. Estas moléculas orgánicas de naturaleza coloidal estaban rodeadas de agua y se unían por medio de fuerzas electrostáticas (positivas o negativas). A medida que las gotas se hacían más complejas, se volvían más selectivas. Estos coacervados muestran muchas de las propiedades funcionales y estructurales de las células vivas: suelen dividirse en dos (fisión binaria) luego de haber "crecido" lo suficiente, se mantienen en un ambiente químico interno distinto del ambiente externo (se presenta una homeostasis) y algunos de ellos incluso muestran esbozos de un metabolismo (actividad catalítica). Si se considera su composición relativamente simple, los coacervados están muy organizados.

Algunos años más tarde, en 1928, John B. S. Haldane publicó un corto trabajo en el que planteó los mismos criterios y conclusiones de Oparin respecto a la evolución terrestre, con algunas pequeñas variaciones respecto al tipo de gases y las condiciones de la tierra primitiva. Haldane propuso que la atmósfera primitiva debió incluir el CO_2. Fue el introductor de la extendida metáfora del caldo primordial con el que hacía referencia al océano terrestre, por aquel entonces repleto de moléculas orgánicas de complejidad variada, formadas de manera natural a partir de energía física (rayos ultravioleta y otros tipos de ondas) y química (poder reductor, interacciones entre moléculas, etc.).

La teoría de Oparin-Haldane se ha modificado con las actuales investigaciones; sin embargo, se mantiene lo esencial de la teoría. El aporte de Oparin fue utilizar el conocimiento de su época y sistematizarlo, proponiendo una teoría científica al margen de posturas idealistas preponderantes aún en el mundo científico.

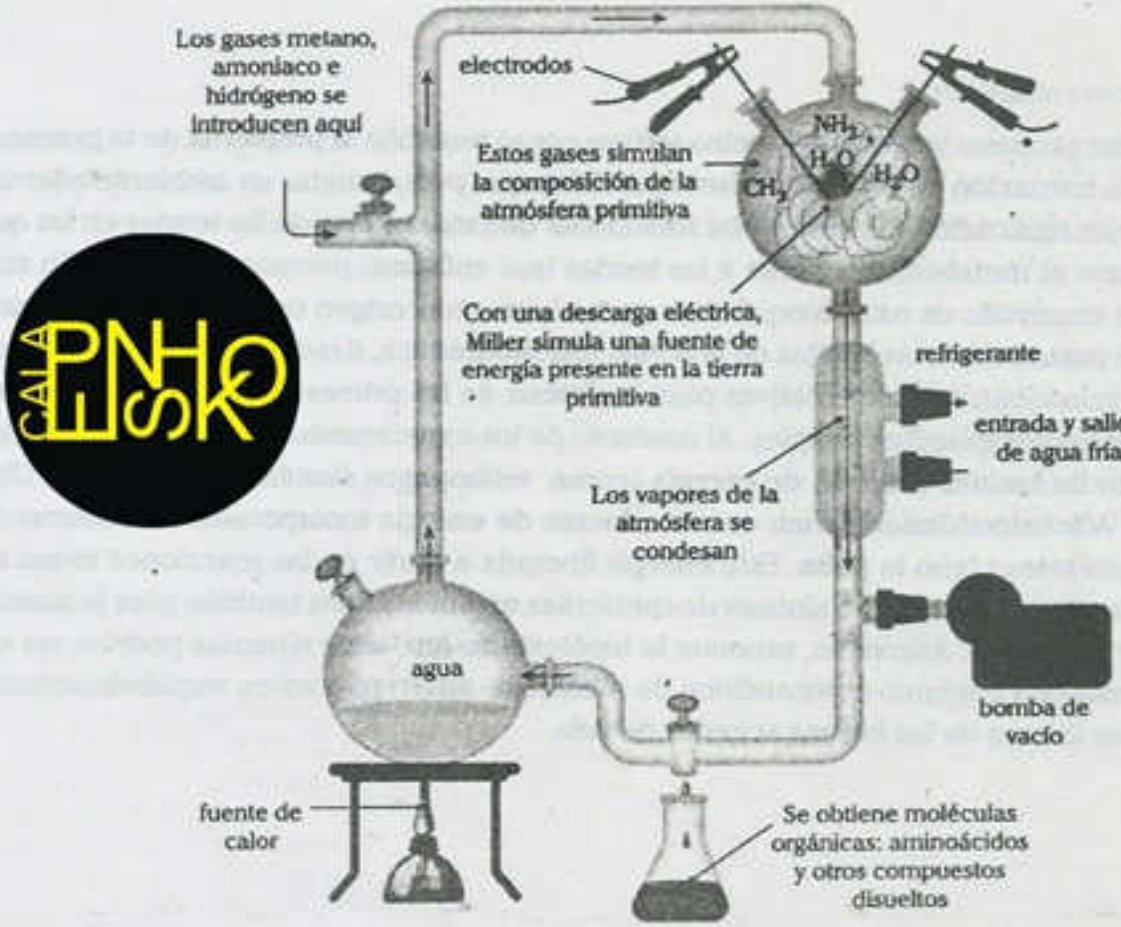


6.3. PRUEBAS DE LA TEORÍA BIOQUÍMICA

6.3.1. Experimento de Miller-Urey

Se llevó a cabo en 1952 por Stanley Miller y Harold Urey, fue clave para apoyar la teoría del caldo primordial en el origen de la vida, propuestas por Alexander Oparin y Haldane, según la cual, en las condiciones de la Tierra primitiva se habían producido reacciones químicas que condujeron a la formación de compuestos orgánicos a partir de inorgánicos. Miller y Urey diseñaron un aparato en el que simularon algunas condiciones en la atmósfera de la Tierra primitiva. Básicamente, en el experimento, una mezcla de metano, amoniaco, hidrógeno, dióxido de carbono, nitrógeno y agua se sometió a descargas eléctricas de 60 000 voltios, a temperaturas muy altas. Del resultado se observó la formación de una serie de moléculas orgánicas, de la que destacan el ácido acético, la glucosa, y aminoácidos tales como glicina, alanina, ácido glutámico y ácido aspártico, utilizados por las células para la síntesis de sus proteínas. El experimento de Miller y Urey representa la primera comprobación de que se pueden formar espontáneamente moléculas orgánicas a partir de sustancias inorgánicas simples en condiciones ambientales adecuadas. Junto a una considerable evidencia geológica, biológica y química, ayuda a sustentar la teoría de que la primera forma de vida se formó de manera espontánea mediante reacciones químicas. Según este experimento, la síntesis de compuestos orgánicos, como los aminoácidos, debió ser fácil en la Tierra primitiva.

EL EXPERIMENTO DE MILLER-UREY



6.3.2. Aportes posteriores a Oparin

a. John Bernal

En 1949, sugirió la participación de la arcilla como base para los procesos bioquímicos de formación de coacervados estables a partir de coacervados inestables; así como el desarrollo de los eventos evolutivos en charcos con flujo lento de agua. Respecto a la interrogante sobre el punto en que alcanzan los requisitos para la vida, acuñó el término biopoiesis para este proceso y sugirió que había un número de estadíos claramente definidos que se podían reconocer a la hora de explicar el origen de la vida: en el primero, el origen de los monómeros biológicos; en el segundo, el origen de los polímeros biológicos y en el tercero, la evolución desde lo molecular a la célula. Bernal sugirió que la evolución darwiniana pudo haber comenzado temprano, en algún momento, entre el primer y segundo estadío.

b. Sydney Fox

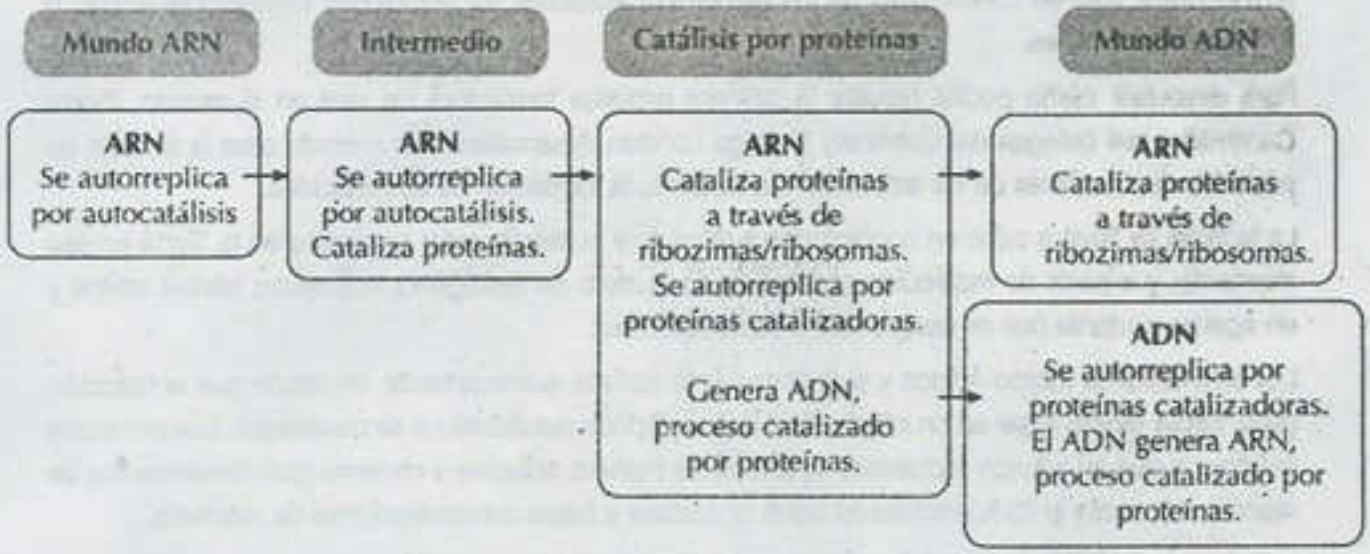
En 1957, descubrió que cuando se mezclan proteinoides con agua fría, estos se reorganizan y se autoensamblan en pequeñas gotas a las que él denominó microesferas, las cuales crecen mediante la absorción de proteinoides del medio hasta hacerse tan grandes e inestables que se rompen. Los productos resultantes crean una nueva "hija" con constituyentes similares a la microesfera original. Algunas microesferas presentan excitabilidad: producen un potencial eléctrico a través de sus superficies, que hace recordar los gradientes electroquímicos de las células. Las microesferas también pueden absorber materiales de sus alrededores (permeabilidad selectiva) y reaccionan a cambios en la presión osmótica, como si estuvieran rodeadas por membranas, aunque no contienen lípidos.

c. Günter Wächtershäuser

En 1980, este autor propone la teoría del hierro-sulfuro como reacción al problema de la polimerización, plantea la formación de un metabolismo primitivo que pudo brindar un ambiente adecuado para la posterior replicación del ARN. Cabe mencionar que esta es una de las teorías en las que se enfatiza primero el metabolismo, frente a las teorías que enfatizan primero los genes. En esta teoría, postuló el desarrollo de rutas bioquímicas como base en el origen de la vida. Además presentó un sistema para rastrear las huellas de la actual ruta bioquímica, desde las reacciones ancestrales que proporcionaban rutas alternativas para la síntesis de los primeros "ladrillos orgánicos", a partir de componentes gaseosos simples. Al contrario de los experimentos clásicos de Miller, los cuales dependían de fuentes externas de energía (como relámpagos simulados o radiación UV); los sistemas de Wächtershäuser vienen con una fuente de energía incorporada: los sulfuros de hierro y otros minerales como la pirita. Esta energía liberada a partir de las reacciones redox de esos sulfuros, no solo servían para la síntesis de moléculas orgánicas, sino también para la síntesis de oligómeros y polímeros. Asimismo, propone la hipótesis de que tales sistemas podrían ser capaces de desarrollar un conjunto autocatalítico de moléculas autorreplicantes, metabólicamente, activas que serían la base de las formas actuales de vida.

d. Walter Gilbert

En 1980, propone la hipótesis sobre el mundo del ARN (primero los genes), la cual refiere que las moléculas relativamente cortas de ARN se podrían haber sintetizado espontáneamente con el fin de catalizar su propia replicación continua. Entre los factores que determinan un papel importante del ARN en la vida primitiva, se incluye su capacidad para replicarse, almacenar información, y catalizar reacciones químicas bajo la forma de ribozimas. Además, su papel como intermediario en la expresión genética y en el mantenimiento de la información genética en forma de ADN en los actuales seres y en la facilidad con que se sintetiza. Se han producido artificialmente, en el laboratorio, moléculas de ARN relativamente cortas capaces de duplicar a otras. Sin embargo, todavía quedan algunos detalles por resolver en la hipótesis sobre el mundo del ARN como la inestabilidad del ARN cuando se expone a la radiación ultravioleta, la dificultad con que activan y ligan los nucleótidos, la carencia de fosfato disponible en solución, requerida para construir su estructura, y la inestabilidad de la base nitrogenada citosina, la cual es susceptible a la hidrólisis.



Cerca de conocer el origen de la vida: científicos imitan las primeras interacciones en la Tierra primitiva

Científicos británicos pudieron sintetizar los péptidos necesarios para el desarrollo de la vida a partir de moléculas simples y agua en condiciones suaves, que pudieron estar en las primeras etapas de la evolución de la Tierra. Las reacciones tuvieron lugar casi por completo, incluso en agua no tratada y en bajas concentraciones de los componentes de reacción. El estudio fue publicado en *Nature*.

En los organismos vivos, las enzimas participan en la síntesis de péptidos y proteínas a partir de aminoácidos, que son proteínas en sí mismas. A su vez, los aminoácidos se obtienen a partir de aminonitrilos solo en condiciones de valores de pH extremos, en soluciones fuertemente ácidas o fuertemente alcalinas.

Para descubrir cómo podría resultar la primera proteína formadora de vida en el mundo, Pierre Canavelli y sus colegas del University College London desarrollaron un método para la síntesis de péptidos directamente de los aminonitrilos, evitando la formación de aminoácidos.

La síntesis se llevó a cabo en condiciones suaves que pudieron estar presentes en la Tierra en ese momento, y a partir de moléculas simples: agua, sulfuro de hidrógeno, tioacetato, nitrilos cortos y un agente oxidante (sal de sangre roja o cianoacetileno).

Los aminonitrilos fueron ácidos y suficientemente activos químicamente, de modo que la reacción pudo haber tenido lugar en un medio neutro, y el péptido resultante no se desintegró. Los sintéticos mostraron que su adición secuencial se realiza de manera selectiva y eficiente (con rendimientos de reacción de hasta el 95 %) incluso en agua no tratada a bajas concentraciones de reactivos.

Los autores sugieren que, en la naturaleza, el sulfuro de hidrógeno y el hexaferrocianuro entraron en la reacción de diferentes fuentes, ya que estas sustancias pueden reaccionar entre sí. Por otro lado, la entrada secuencial repetida de reactivos en el sistema también puede conducir al crecimiento exitoso de la cadena peptídica.

Según los científicos, si intentas vincular los ciclos de reacciones redox, que luego ocurrieron en la Tierra, con las condiciones de la síntesis de los péptidos, puedes acercarte significativamente al secreto del origen de la vida en la Tierra.

Hace un par de años, un grupo de científicos estadounidenses y canadienses descubrió un vínculo entre el proceso geoquímico de la formación de arcilla y el origen de la vida en la Tierra.

Adaptado de ROMÁN, Víctor. "Cerca de conocer el origen de la vida: científicos imitan las primeras interacciones en la Tierra primitiva". En <https://nmas1.org/>.

Preguntas resueltas

Pregunta 1

La revista *Nature genetics* explica que la existencia de la notocorda, presente en todos los vertebrados durante la vida prenatal, indica una relación evolutiva entre los distintos grupos. El enunciado anterior es un ejemplo de la prueba

A) paleontológica.
B) bioquímica.
C) citogenética.
D) embriológica.
E) biogeográfica.

Resolución

La teoría de la evolución se basa en una serie de evidencias aportadas por diferentes disciplinas científicas y que infieren que todos los seres vivos actuales son el resultado de la evolución. Las estructuras prenatales que se utilizan para comparar los diversos linajes son evidencias evolutivas de tipo embriológica.

Clave D

Pregunta 2

El investigador John Bernal aporta a la teoría quimiosintética, planteando que

A) las primeras formas de vida debieron surgir a partir de los sulfobios y colpoides.
B) las primeras formas de vida debieron haberse originado a partir de unas microesferas que presentaban proteinoides.
C) en la atmósfera primitiva se formaron las purinas a partir del ácido cianhídrico.
D) las primeras formas de vida debieron haberse formado a partir de los charcos arcillosos.
E) las primeras células se formaron a partir de los coacervados.

Resolución

John Bernal propone que el coacervado inestable se desarrollaría a coacervado estable en un medio de charcos arcillosos que iban a protegerlos de la acción de la luz del sol. Luego, las investigaciones de James Ferris confirmaron que las arcillas pueden actuar como catalizadores en la formación de las cadenas de ARN.

Clave D

Pregunta 3

El astrobiólogo Wickramasinghe junto a su profesor y colega Fred Hoyle sostienen, hoy en día, la teoría de la panspermia, la cual propone que la vida no se originó en la Tierra sino que

A) provino de la estrella más cercana al Sol.
B) se originó en el espacio dentro de meteoritos.
C) provino de otros planetas del sistema solar.
D) llegó del espacio en forma de esporas.
E) provino de la constelación más cercana.

Resolución

En el sentido estricto, se trata de una hipótesis que propone que la vida puede tener su origen en cualquier parte del universo y que llegó a la Tierra en forma de esporas bacterianas.

Clave D

Lumbreras Editores

Pregunta 4

El canto XIX de *La Ilíada* se refiere al temor de Aquiles ante el cuerpo muerto del guerrero Patroclo, de que "las moscas penetren por las heridas que el bronce causó (...) desfiguren el cuerpo y corrompan todo el cadáver". Esta historia le sirvió a Redi para experimentar y proponer la falsedad de la teoría

A) de la biogénesis.
B) de la abiogénesis.
C) de la panspermia.
D) bioquímica.
E) cosmozoica.

Resolución

La concepción clásica de la abiogénesis se conoce como generación espontánea y sostenía que los organismos vivos se generaban por la descomposición de sustancias orgánicas.

Clave B

Pregunta 5

Si bien ..... demostró científicamente que el agua es fundamental para la supervivencia de las plantas, propuso la receta para hacer seres vivos como experimento a favor de la generación espontánea.

A) Aristóteles
B) Platón
C) Van Helmont
D) Redi
E) Spallanzani

Resolución

Es muy conocida la receta de Van Helmont a favor de la generación espontánea de la vida. Van Helmont propone la creación de ratones colocando ropa sucia en un tonel, que contenga además unos pocos granos de trigo, y al cabo de 21 días aparecerán los ratones.

Clave C

Pregunta 6

Según Oparin y la teoría quimiosintética, uno de los requerimientos para la evolución química es

A) la presencia de abundante oxígeno atmosférico.
B) una atmósfera oxidante.
C) la ausencia de metano en la atmósfera.
D) la presencia de una atmósfera reductora.
E) la baja temperatura de la atmósfera primitiva.

Resolución

La teoría quimiosintética postula que las moléculas se agruparon formando asociaciones cada vez más complejas, a partir de las cuales se originaron las primeras células. Un requisito para la formación de vida es la presencia de una atmósfera reductora con gases como metano CH_4, NH_3, H_2O y H_2.

Clave D

Pregunta 7

Los investigadores de Georgia Tech estudian el origen de la vida, mediante la identificación de tres moléculas con características del ARN moderno. Este experimento continúa la tradición del experimento de ....., ya que le da un mayor sustento empírico a la teoría .....

A) Stanley Miller - quimiosintética.
B) Louis Pasteur - de la generación espontánea.
C) John Needham - de la biogénesis.
D) Hugo de Vries - bioquímica.
E) Alexander Oparin - quimiosintética.

Lumbreras Editores

Resolución

El experimento de Miller representa el inicio de la abiogénesis experimental y la primera comprobación de que se pueden formar espontáneamente moléculas orgánicas a partir de sustancias inorgánicas. Este experimento pudo demostrar empíricamente los trabajos propuestos por la teoría quimiosintética de Oparin.

Clave A

Pregunta 8

En la teoría quimiosintética, las estructuras protobiontes formadas, producto de la polimerización de las primeras biomoléculas, se denominan

A) microesferas.
B) coacervados.
C) arcilla.
D) macromoléculas.
E) célula.

Resolución

Los primeros agregados moleculares con capacidad de dividirse, a partir del cual se formaron las células, fueron los coacervados; los cuales fueron propuestos por Alexander Oparin.

Clave B

Pregunta 9

En el experimento realizado por Pasteur, los microbios no se desarrollaron dentro del matraz con cuello de cisne porque

A) no había oxígeno.
B) se mantuvo caliente.
C) los microbios quedaron atrapados en el cuello de cisne.
D) el aire que ingresó al matraz no tenía microbios.
E) el oxígeno mató a todos los microbios del caldo nutritivo.

Resolución

En 1861, Louis Pasteur realizó una serie de experimentos muy importantes para demostrar definitivamente que también los microbios se originaban a partir de otros microorganismos.

En el experimento de Pasteur no se desarrollaron microbios dentro del matraz, debido a la forma del cuello de cisne del matraz, pues los microbios quedaron atrapados en este cuello.

Clave C

Pregunta 10

En el libro *El Origen de la vida*, Oparin menciona que si mezclamos proteínas se forma un amontonamiento de moléculas en determinados lugares. El enunciado anterior hace referencia a los coacervados, los cuales son protobiontes de las primeras células. Estas células son

A) oxidantes.
B) autótrofas.
C) aeróbicas.
D) heterótrofas.
E) cianobacterias.

Resolución

Se supone que los coacervados y, posteriormente, las células primitivas se formaron en las costas de los mares primitivos, debido a la acción condensante y absorbente de los minerales arcillosos. Estas primeras células se caracterizaban por ser anaeróbicas, procariotas y heterótrofas.

Clave D

Lumbreras Editores

Preguntas propuestas

1. Los investigadores de la Sociedad Max Planck, en Alemania, estudian las características de los protobiontes, que según la teoría quimiosintética de Oparin originaron a los primeros seres vivos. Se propone que esto ocurrió en una atmósfera primitiva caracterizada por

A) ser altamente oxidante.
B) presentar gases como CH_4, H_2O, NH_3 y H_2.
C) presentar bajas temperaturas.
D) evitar el ingreso de la luz ultravioleta.
E) presentar una gruesa capa de ozono.

2. Indiqué la denominación que Oparin les dio a los coloides, que se formaron producto de la asociación de las primeras moléculas.

A) eubiontes
B) microesferas
C) eucito
D) procito
E) coacervado

3. Los científicos que desarrollaron un sistema cerrado que simuló las condiciones de la Tierra primitiva y que de esa manera comprobaron las propuestas de la teoría quimiosintética fueron

A) Oparin y Haldane.
B) Miller y Urey.
C) Beadle y Tatum.
D) Darwin y Wallace.
E) Bernal y Fox.

4. En una entrevista, Miller menciona que en 1961, Joan Oró sintetizó la adenina, una de las bases del código genético que se ha encontrado en el ADN y el ARN. Miller menciona también que una condición necesaria, para el origen de las nuevas moléculas orgánicas, es ..... en la Tierra primitiva.

A) la ausencia de agua
B) la presencia de la capa de ozono
C) la presencia de macromoléculas
D) las bajas temperaturas del medio
E) la presencia de una atmósfera reductora

5. En 1953, Miller y Urey montaron un sistema cerrado denominado ....., el cual sirvió para demostrar que es posible la formación de moléculas orgánicas en condiciones similares a la que existió en la Tierra primitiva.

A) matraz con cuello de cisne
B) aparato de Tesla
C) electrodo
D) condensador
E) mechero

6. De acuerdo con la propuesta del bioquímico Sydney Fox, los primeros componentes que se formaron producto de la unión de proteinoides fueron

A) las microesferas.
B) los coacervados.
C) los eubiontes.
D) los estromatolitos.
E) las ribozimas.

Lumbreras Editores

7. Los científicos británicos de la University College London desarrollaron un método para la síntesis de péptidos directamente de los aminonitrilos, evitando la formación de aminoácidos. Las reacciones tuvieron lugar casi por completo, incluso en agua no tratada y en bajas concentraciones de los componentes de reacción. Este experimento se basa en los trabajos de Oparin, en los cualés se propone una atmósfera primitiva con gases como el

A) oxígeno molecular.
B) ozono.
C) H_2SO_4.
D) NH_3.
E) HNO_3.

8. El investigador irlandés John D. Bernal aportó a la teoría quimiosintética de Oparin. Señale cuál fue su planteamiento.

A) Las primeras formas de vida debieron surgir a partir de los sulfobios y colpoides.
B) Las primeras formas de vida debieron haberse originado a partir de unas microesferas que presentaban proteinoides.
C) En la atmósfera primitiva se formaron las purinas a partir del ácido cianhídrico.
D) Las primeras formas de vida debieron haberse formado a partir de los charcos arcillosos.
E) Las primeras células se formaron a partir de los coacervados.

9. La evolución química fue demostrada por ....., quienes simularon las condiciones de la Tierra primitiva.

A) Oparin y Haldane.
B) Miller y Urey.
C) Darwin y Wallace.
D) Dobzhansky y Simpson.
E) Lamarck y Cuvier.

10. Según la teoría quimiosintética planteada por ....., el primer agregado molecular formado en la Tierra primitiva fue .....

A) Oparin - el coacervado.
B) Oparin - la microesfera.
C) Fox - la microesfera.
D) Miller - el coarcervado.
E) Haldane - el eubionte.

11. Relacione correctamente.

I. protobionte
II. eubionte
III. ribozima

a. RNA catalítico
b. agregado molecular
c. primer ser vivo

A) IIIa, IIb, Ic
B) IIa, IIIb, Ic
C) Ia, IIIb, IIc
D) IIIa, Ib, IIc
E) IIa, Ib, IIIc

12. Determine quién realizó un conjunto de experimentos en el que demostró que los microorganismos no se originaron de la materia inerte.

A) Spallanzani
B) Pasteur
C) Redi
D) Needham
E) Urey

Lumbreras Editores

13. La consecuencia de los experimentos de Pasteur fue ....., en el cual se propone una explicación a la constitución de los seres vivos sobre la base de células y el papel que estas tienen en la constitución de la vida.

A) el surgimiento de la teoría de Darwin
B) el mayor sustento a la generación espontánea
C) el desarrollo de las teorías sobre un origen exógeno
D) la teoría celular
E) la teoría genética

14. Sidney Fox propone a los proteinoides como base para la formación de microesferas. Estas son partículas relativamente estables y recubiertas por una doble membrana con capacidad para el intercambio osmótico, selectividad para el paso de moléculas y excitabilidad ante ciertos estímulos eléctricos. Esta propuesta está enmarcada en la teoría

A) cosmogónica.
B) vitalista.
C) de la panspermia.
D) quimiosintética.
E) idealista.

15. Las teorías endógenas que proponen un origen de la vida a partir de componentes propios del planeta Tierra fueron planteadas por

A) Arrhenius. B) Oparin. C) Ritcher.
D) Hoyle. E) Pasteur.

16. Señale la condición que no favorece una polimerización de las moléculas en la atmósfera primitiva.

A) calor
B) medio reductor
C) medio oxidante
D) rayos UV
E) descargas eléctricas

17. Los investigadores que proponen un origen exógeno de los seres vivos en la Tierra sostienen que la

A) vida se originó en los mares.
B) generación espontánea es posible.
C) vida se originó por quimiósmosis.
D) atmósfera era reductora.
E) vida no se originó en la Tierra.

18. De acuerdo con las características de los coacervados, indique la alternativa correcta.

A) Se reproducen del mismo modo que los protozoarios.
B) Son de naturaleza lipídica.
C) Tienen los mismos componentes en todo momento.
D) Crecen y se fragmentan por reproducción sexual.
E) Crecen y ocurren reacciones químicas en su interior.

19. Determine cuál de las siguientes afirmaciones no se correlaciona con la teoría bioquímica propuesta por Oparin.

A) Las moléculas orgánicas se forman a partir de moléculas inorgánicas.
B) La vida en la Tierra ha surgido de modo espontáneo.
C) Las macromoléculas orgánicas se formaron a partir de moléculas simples.
D) Las células procariotas son más ancestrales que las células eucariotas.
E) La Tierra primitiva carecía de oxígeno.

Lumbreras Editores

CAPÍTULO XVIII

HISTORIA DE LA VIDA

Objetivos

- Comprender el proceso del origen y la evolución de la vida.
- Identificar las teorías que explican el origen de los primeros organismos procariotas y eucariotas unicelulares y pluricelulares.
- Analizar la visión científica que respalda la historia de la vida.

Introducción

La historia de la vida en la Tierra cuenta los procesos por los cuales los organismos vivos han transcurrido, desde el origen de la vida en la Tierra hace unos 4000 millones de años hasta la gran diversidad de organismos presentes en la actualidad. De la misma forma trata sobre cómo los fenómenos ambientales en forma de catástrofes, cambios climáticos o uniones y separaciones de continentes y océanos, han condicionado su evolución biológica. Las similitudes entre todos los organismos actuales indican la existencia de un ancestro común universal del cual todas las especies conocidas han originado a través de un largo proceso de continuas transformaciones en el tiempo.

Las primeras formas de vida fueron organismos procariotas que se nutrían de diversas sustancias orgánicas dispersas en el mar primitivo, eso quiere decir que primero eran heterótrofas. Al escasear los nutrientes en el medio era necesario producirlo, así que se dio origen a los organismos autótrofos. En sus inicios fueron quimiosintéticos que aprovecharon la energía de las reacciones químicas, luego surgieron organismos fotosintéticos que podían captar su energía de la radiación solar, siendo así más eficiente sus procesos metabólicos. La liberación del O_2 hace 3000 millones de años, por parte de las cianobacterias primitivas, hizo posible que surjan nuevas formas de vida adaptadas al uso del oxígeno en la oxidación de sus compuestos orgánicos energéticos. Además, la presencia de oxígeno junto a la radiación solar, permitieron la formación de la capa de ozono en la atmósfera. Esto favoreció a algunos organismos acuáticos arcaicos a la colonización de los medios terrestres, hace 2800 millones de años. Más tarde, aproximadamente hace 1700 millones de años, los organismos multicelulares comenzaron a surgir con el proceso de la diferenciación celular y cada célula del organismo comenzó a realizar funciones especializadas. Las primeras plantas terrestres aparecieron aproximadamente hace 450 millones de años y los primeros vertebrados aproximadamente hace 525 millones de años durante la explosión cámbrica.

1▸ ANTECEDENTES AL ORIGEN DE LAS PRIMERAS FORMAS DE VIDA CELULAR

El misterio del origen de la primera célula en la Tierra aún no está resuelto. Los investigadores concluyeron que los primeros organismos primitivos aparecieron en nuestro planeta hace más de 3800 millones de años, pero cómo sucedió, hasta el momento nadie lo ha demostrado en detalle. Un reciente estudio de científicos de la Universidad de Cambridge presentaron algunas hipótesis sobre cómo surgieron los primeros "bloques constructivos" de vida en nuestro planeta.

Los científicos han debatido durante años sobre cómo surgió la célula en la Tierra. Como resultado, los especialistas se han divido en tres grupos: los partidarios del primer grupo afirman que lo primero en formarse fueron las moléculas de ARN ("mundo del ARN"); el segundo grupo asegura que en principio se desarrolló el fenómeno del metabolismo y los terceros están seguros que en primer lugar surgieron primitivas membranas celulares.

1.1. EL MUNDO DEL ARN

La hipótesis del mundo ARN fue propuesto en 1986 por Walter Gilbert, quien afirmó que lo esencial en el origen de la primera célula, fue la presencia del ARN en el caldo primitivo. Esta hipótesis sustenta que el ARN fue el primer tipo de ácido nucleico con capacidad de almacenar información genética, autoduplicarse y actuar como un catalizador (ribozima) con el poder de unir aminoácidos y sintetizar péptido y proteínas.

Presumiblemente, el siguiente paso fue la utilización de membranas, que aislara y protegiera el ARN de reacciones que desfavorecieran la evolución molecular. Al transcurrir el tiempo, la función de catalizador biológico fue reemplazado por las enzimas que eran más eficientes, las nuevas enzimas pudieron sintetizar al ADN que es más estable y eficiente en la autorreplicación, además esta estructura particular permite la reparación de cadenas dañadas, ya que utiliza la otra semihélice como molde.

1.2. EL FENÓMENO METABÓLICO

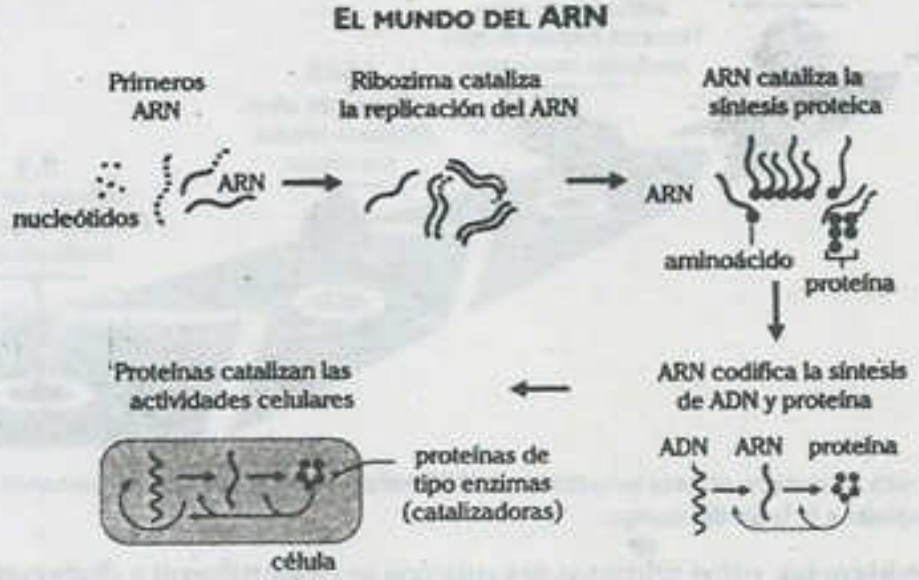
En 1990, un científico llamado Günter Wächtershäuser propuso que el origen de las primeras células fue posible bajo un escenario metabólico ("metabolism-first"). Según esta hipótesis, algunos ciclos metabólicos relativamente complejos se habrían ensamblado de modo independiente a los sistemas genéticos, aportando la energía y algunos sustratos imprescindibles para la aparición de los sistemas de polimerización de los ARN primitivos.

1.3. LAS MEMBRANAS PRIMITIVAS

Alexander Oparin, en 1924, sustentó que lo fundamental en el origen de la célula, fue cuando las primeras membranas encerraron a una diversidad de moléculas, entre estas a los ácidos nucleicos, que se encontraban en el caldo primitivo. Esto permitió mantener en un ambiente adecuado a los ácidos nucleicos.

No está claro cómo nace la simbiosis entre las membranas primitivas y los ácidos nucleicos, pero sin duda esto será un paso certero en el origen de la primera célula, ya que sin esta relación es posible que los ácidos nucleicos no pudiesen conservarse por mucho tiempo más aún si pensamos en los ácidos nucleicos catalizadores; es muy importante para su evolución no perder la información codificada en su secuencia, ya que esta debía ser bastante condensada, tal vez una misma palabra (con un alfabeto de 4 letras) dependiendo de cómo se leyese, podría contener información de cómo elaborar diversas proteínas.

Cada una estas hipótesis descritas anteriormente están apoyadas en evidencias experimentales desarrolladas en laboratorio, lo cual nos indica que es posible que sean procesos que acontecieron en la Tierra hace unos 3800 millones de años y que dieron como resultado este maravilloso fenómeno de la naturaleza que denominamos vida.



La hipótesis del mundo del ARN afirma que lo fundamental en el origen de la primera célula fue el ARN y que el ADN se originó después, a partir del ARN.

2▸ LOS PRIMEROS ORGANISMOS UNICELULARES EN NUESTRO PLANETA

Los primeros organismos que aparecieron en la Tierra eran seguramente similares a los organismos unicelulares más sencillos que existen actualmente, tales como las bacterias.

Estos organismos tenían los ácidos nucleicos dispersos en el interior celular, por lo tanto, carecían de núcleo celular. Cuando algunos de ellos estallaban, sus ácidos nucleicos se dispersaba libremente en el medio ambiente líquido en que se encontraban; al ser absorbidos por otros se reactivaban pudiendo tener un significado adicional por los organismos receptores. La adquisición de material genético proveniente de otras células pudo influir en su posterior evolución.

Las primeras células eran heterótrofas, es decir, no fabricaban sus propios alimentos, sino que los tomaban ya elaborados de la gran cantidad de materia orgánica disuelta en los mares primitivos. Estas sustancias, incorporadas al interior de las primeras células, eran utilizadas para obtener energía aprovechable por medio de la transformación anaeróbica, es decir, en condiciones de ausencia de oxígeno. Estos primeros organismos ante la carencia de oxígeno, utilizaron otros agentes oxidantes como el azufre, hierro o hidrógeno para sus versiones particulares de respiración anaeróbica y fermentación, el proceso metabólico era poco energético, pero generaban lo necesario para su supervivencia.

En esta etapa de la evolución biológica, al estar ausente el oxígeno, los seres vivos estaban expuestos a la intensa actividad de las radiaciones solares ultravioleta; puesto que no existía la capa de ozono que se originó en la interacción del oxígeno molecular con las radiaciones solares. La acción de las radiaciones producía graves trastornos en el código genético y la estructura de los primeros organismos, favoreciendo el transcurso de la evolución de la vida.

La historia de la vida en nuestro planeta empezó hace 3500 millones de años y fue evolucionando a diversas formas más complejas a lo largo del tiempo.

Según las últimas evidencias, estos primeros organismos se desarrollaron y dispersaron hace aproximadamente 3500 millones de años ocupando ambientes aptos para la supervivencia y correspondieron a organismos procariotas heterótrofos anaeróbicos.

3▸ LOS PRIMEROS ORGANISMOS AUTÓTROFOS QUIMIOSINTÉTICOS

Los primeros organismos que poblaron la Tierra fueron de nutrición heterótrofa; no obstante, estas formas de vida presentaron limitaciones, pues dependían totalmente de moléculas orgánicas obtenidas del caldo primitivo. Un gran avance significó la capacidad de producir estas sustancias orgánicas a partir de compuestos inorgánicos. Este proceso se produjo cuando se inició la síntesis de las enzimas óxido-reductasas que tienen la capacidad de aprovechar la energía de las reacciones químicas. Actualmente en algunos ambientes naturales de nuestro planeta, aún existen estas formas de organismos y se les conocen con el nombre de bacterias quimiosintéticas.

Los organismos quimiosintéticas actuales se clasifican según el sustrato inorgánico que utilicen para obtener energía. Por ejemplo, tenemos lo siguiente:

- Bacterias del nitrógeno: comunes en el suelo e importantes para cerrar el ciclo del nitrógeno; tenemos las nitrosificantes del género nitrosomona que realizan la oxidación del NH_3 a NO_2 y las nitrificantes del género nitrobácter que oxidan el NO_2 a NO_3.
- Bacterias del azufre: oxidan el azufre y sus derivados hasta sulfatos. Son las responsables de la transformación del sulfuro de hidrógeno (H_2S), procedente de la descomposición de la materia orgánica, en sulfato ($SO4^{-2}$) asimilable por las plantas, con lo que cierran el ciclo del azufre.
- Bacterias del hierro: oxidan compuestos de hierro ferroso (Fe^{2+}) a férricos (Fe^{3+}) con lo que transforman depósitos de carbonato de hierro en yacimientos de óxido de hierro.
- Bacterias del hidrógeno: capaces de utilizar hidrógeno molecular como fuente de energía. El hidrógeno es primero activado por la enzima hidrogenasa y transferido después al NAD, el cual es oxidado en la cadena respiratoria y se sintetiza ATP por fosforilación oxidativa.

4▸ Los primeros organismos autótrofos fotosintéticos anoxigénicos

En el transcurso del proceso inicial de la evolución de la vida aparecieron algunos microorganismos que tenían la capacidad de sintetizar moléculas de porfirina que iban acumulándose en el interior del organismo. Las porfirinas fueron las precursoras que dieron origen la clorofila y los citocromos, pigmentos que poseen la propiedad de absorber la luz solar, esto permitió la génesis de las bacterias fotosintéticas capaces de utilizar la luz como fuente de energía celular.

Paralelamente se desarrolló la capacidad de transformar el dióxido de carbono reduciéndolo químicamente hasta compuestos orgánicos. Esta propiedad seguramente fue adquirida también por los organismos desprovistos de clorofila y condujo a la aparición de organismos autótrofos, capaces de sintetizar sus componentes orgánicos. Estos primeros organismos fotosintéticos utilizaron, para reducir el dióxido de carbono, el hidrógeno presente en compuestos como el sulfuro de hidrógeno que se encuentra en la atmósfera reductora.

Es razonable suponer que en los organismos primitivos fotosintéticos apareció la fotofosforilación, es decir, la capacidad de producir compuestos energéticos como el ATP a partir de procesos químicos en los que la energía solar jugaba un papel importante. El ATP así formado permitió la transformación de compuestos orgánicos sencillos como el ácido fórmico y el acético hasta glucosa.

Los primeros organismos fotosintéticos

Fotosíntesis anoxigénica	Fotosíntesis oxigénica
$H_2S \rightarrow 2H^+ + 2e^- + S$	$H_2O \rightarrow 2H^+ + 2e^- + 1/2\ O_2$

Los primeros organismos fotosintéticos liberaron al ambiente azufre; posteriormente surgieron aquellos que liberaron oxígeno, desarrollándose así la atmósfera oxidante.

5▸ Los primeros organismos autotrofos fotosintéticos oxigénicos

A partir de los primeros organismos fotosintéticos evolucionaron formas más complejas que utilizaban como donadora del hidrógeno a la molécula de agua. Esta modificación trajo consigo la liberación de oxígeno como producto residual y produjo un salto enorme en todo el ambiente de la tierra primitiva, cuya atmósfera se transformó de reductora a oxidante.

Este enorme salto en la evolución de la vida se produjo según las últimas evidencias fósiles, hace aproximadamente unos 3200 millones de años y significó una etapa de enormes cambios. El oxígeno altamente oxidante afectó la vida de millones de organismos adaptados a vivir en condiciones de anaerobiosis, muchísimas variedades se extinguieron, otras surgieron como consecuencia de mutaciones, mientras unas cuantas fueron confinadas a los lugares más profundos de la Tierra, lo más lejos posible de este gas tan nocivo para sus débiles estructuras.

De esta etapa de la evolución biológica datan las bacterias cianoficeas o cianobacterias (algas azul verdosas) y la mayoría de arqueobacterias, organismos que en estos últimos años están siendo intensamente estudiados, reconociéndose su papel cada vez más importante en el desarrollo de la Tierra.

A todo el público en general:

El Proyecto Modo Scan+100, nace de una idea del **Team Calapenshko**, el cual es difundir todo aquel texto inédito que no esté circulando en la red.

Nuestro Grupo Calapenshko hace el mejor esfuerzo para digitalizar este libro, y así usted estimado lector pueda obtener la mejor experiencia que toda persona desea al abrir un libro.

Este proyecto llega gracias a las **donaciones que se pudo obtener de 100 personas** comprometidas con el proyecto **MODO SCAN+100**.

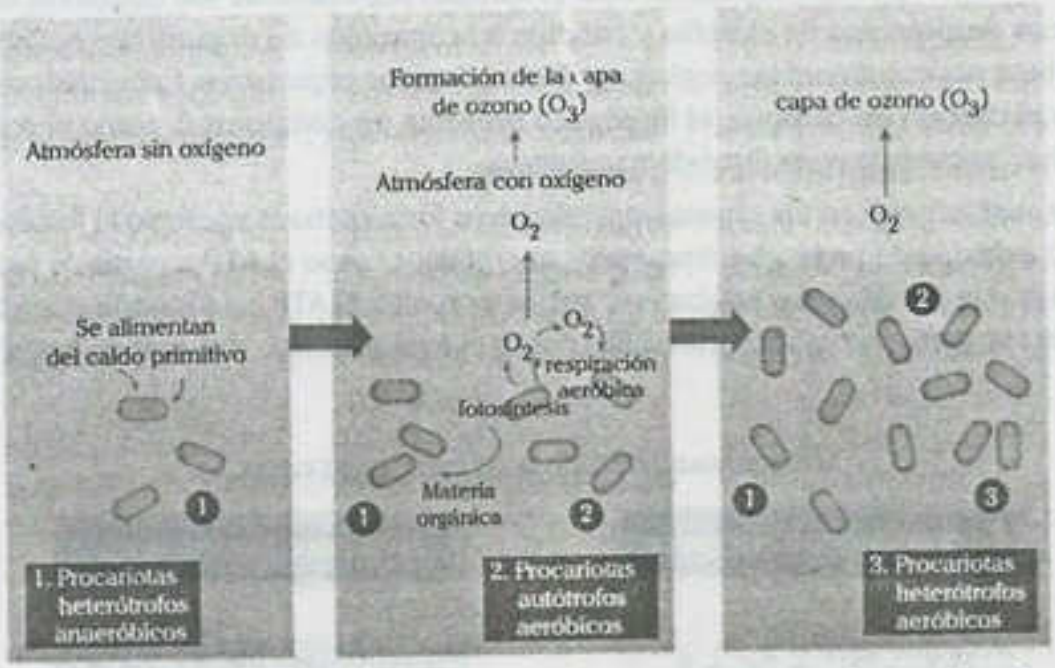
Este libro no debe ser prostituito monetariamente, este libro no debe ser coleccionado, este libro debe ser destruido analíticamente, así que te invito a leerlo.

No pagues por este libro de **circulación gratuita**, búscalo en la red.

Atentamente, el **GRUPO CALAPENSHKO**

18 de agosto del 2020

Las cianobacterias ocupan un lugar importante en la historia de la vida, ya que adquirieron la capacidad bioquímica de utilizar el agua como fuente de electrones y de protones necesarios para la fotosíntesis y eliminar como un producto secundario de la fotosíntesis al oxígeno molecular. Esto permitió además de la atmósfera oxidante, la formación de la capa de ozono, filtro solar que evita el ingreso excesivo de rayos ultravioleta, dañino del ADN de los seres vivos. Así la vida tuvo la posibilidad de continuar en una mayor dimensión transformándose en la diversidad biológica favorecida ahora por la presencia de oxígeno diatómico en la atmósfera y la capa de ozono.



Origen de la capa de ozono a partir de la fotosíntesis desarrollada por las cianobacterias hace 2800 millones de años.

6▸ LOS PRIMEROS ORGANISMOS EUCARIOTAS

La célula eucariota tiene en la actualidad una estructura organizada. A medida que la atmósfera se enriquecía con oxígeno, pereció una parte de las células primitivas que no pudieron adaptarse a estas nuevas condiciones de atmósfera oxidante. Otras desarrollaron una capacidad para respirar, o bien, tuvieron que ocultarse en lugares donde el oxígeno estaba ausente para conservar su condición de organismos anaeróbicos.

Sin embargo, un tercer grupo descubrió que si se unía en simbiosis con una célula aerobia podía sobrevivir y desarrollarse de una forma mucho más eficiente. Esta es la hipótesis más aceptada sobre el origen de las células eucariotas. Por definición y en contraste con las células procariotas, las células eucariotas tienen una estructura organizada y disponen de un cierto número de organelos. En particular, tienen un núcleo separado del resto de la célula mediante una membrana nuclear, que es casi por completo de ADN. El resto de la célula está constituido por el citoplasma, lugar donde se realiza la mayor parte de las reacciones metabólicas y donde se encuentra un cierto número de organelos; entre ellos destacan las mitocondrias, los cloroplastos, el retículo endoplásmico liso, el retículo endoplásmico rugoso, el aparato de Golgi, los ribosomas, los lisosomas, los peroxisomas, el citoesqueleto, las vacuolas, los flagelos y el núcleo.

Al parecer, las mitocondrias y los cloroplastos evolucionaron a partir de algunos organismos procariotas que se unieron en simbiosis con algún otro organismo primitivo anaerobio de mayor tamaño. En efecto, en muchos aspectos, las mitocondrias se parecen a las bacterias aeróbicas y los cloroplastos a las cianofíceas.

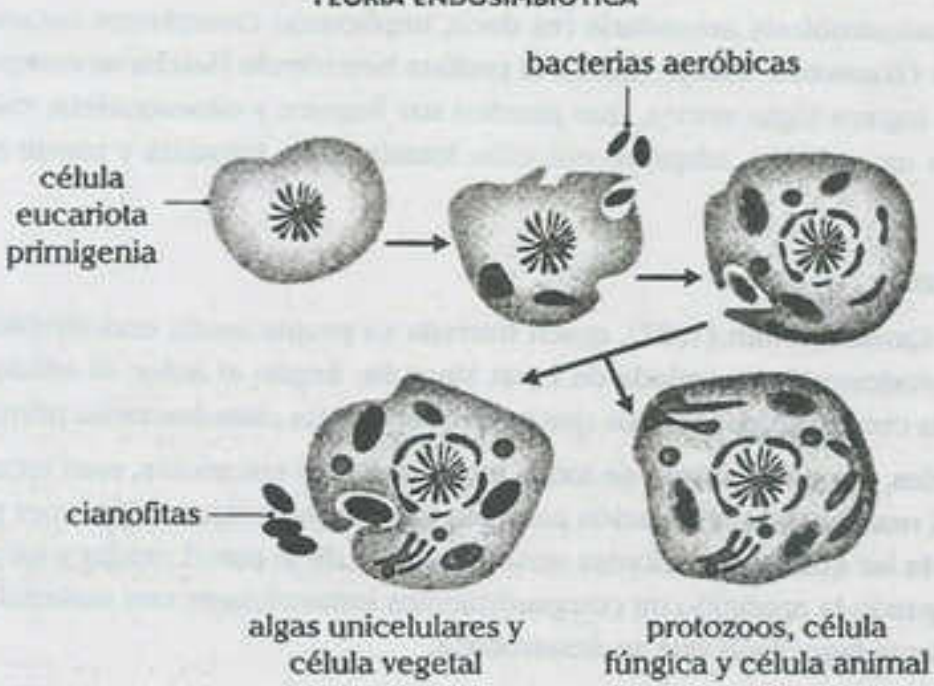
La transformación de procariotas a eucariotas es explicada principalmente por dos teorías: la teoría endosimbiótica y la teoría endocítica.

6.1. TEORÍA ENDOSIMBIÓTICA

La teoría endosimbiótica postula que algunos orgánulos propios de las células eucariotas, especialmente cloroplastos y mitocondrias, habrían tenido su origen en organismos procariotas que después de ser englobados por otro microorganismo habríar establecido una relación endosimbiótica con este. Se especula con que las mitocondrias provendrían de proteobacterias alfa (por ejemplo, rickettsias) y los cloroplastos de cianobacterias.

Esta teoría fue popularizada por Lynn Margulis en 1967, con el nombre de endosimbiosis en serie o seriada, quien describió el origen simbiogenético de las células eucariotas en tiempos separados para cada linaje eucariota. También se conoce por el acrónimo en inglés SET (*serial endosymbiosis theory*).

En su libro de 1981, *Symbiosis in cell evolution*, Margulis sostiene que las células eucariotas se originaron como comunidades de entidades que obraban recíprocamente y que terminaron en la fusión de varios organismos. En la actualidad, se acepta que las mitocondrias y los cloroplastos de los eucariontes procedan de la endosimbiosis. Pero la idea de que una espiroqueta endosimbiótica se convirtiera en los flagelos y cilios de los eucariontes no ha recibido mucha aceptación, debido a que estos no muestran semejanzas ultraestructurales con los flagelos de los procariontes.



Las cianofitas y bacterias aeróbicas se transformaron en cloroplastos y mitocondrias, respectivamente.

a. Pruebas a favor de la teoría

La evidencia de que las mitocondrias y los cloroplastos surgieron a través del proceso de endosimbiosis son las siguientes:

- El tamaño de las mitocondrias es similar al tamaño de algunas bacterias.
- Las mitocondria y los cloroplastos contienen ADN bicatenario circular al igual que los procariotas.
- Están rodeados por una doble membrana, lo que concuerda con la idea de la fagocitosis en el que la membrana interna sería la membrana plasmática originaria de la bacteria, mientras que la membrana externa correspondería a aquella porción que la habría englobado en una vesícula.
- Las mitocondrias y los cloroplastos se dividen por fisión binaria al igual que los organismos procariotas.
- En mitocondrias y cloroplastos, los centros de obtención de energía se sitúan en las membranas, al igual que ocurre en las bacterias. Por otro lado, los tilacoides que encontramos en cloroplastos son similares a unos sistemas elaborados de endomembranas presentes en cianobacterias.
- En general, la síntesis proteica en mitocondrias y cloroplastos es autónoma, ya que está controlada por su ADN circular.
- Algunas proteínas codificadas en el núcleo se transportan a las mitocondrias y cloroplastos. Esto es consistente con la idea de una dependencia creciente hacia el anfitrión eucariótico después de la endosimbiosis. La mayoría de los genes en los genomas de los orgánulos se han perdido o se han movido al núcleo. Es por ello que transcurridos tantos años, hospedador y huésped no podrían vivir por separado.
- El análisis del ARNr 16s de la subunidad pequeña del ribosoma de mitocondrias y cloroplastos revela escasas diferencias evolutivas con algunos procariotas.
- Una posible endosimbiosis secundaria (es decir, implicando cloroplastos eucariotas) ha sido observado por Okamoto e Inouye (2005). El protista heterótrofo Hatena se comporta como un depredador e ingiere algas verdes, que pierden sus flagelos y citoesqueleto, mientras que el protista, ahora un anfitrión, adquiere nutrición fotosintética, fototáxia y pierde su aparato de alimentación.

b. Teoría endocítica

Desarrollada por Cavalier-Smith (1987), quien formula su propia teoría endosimbiótica restando importancia a la endosimbiosis seriada de Lynn Margulis. Según el autor, la célula eucariota se originó debido a la constante endocitosis que realizaban ciertas cianobacterias primitivas.

Estas cianobacterias, ancestro común de todos los organismos eucariotas, eran incapaces de fijar nitrógeno, pero sí realizaban la respiración aeróbica y liberaban oxígeno. El primer paso que conduciría al origen de las células eucariontes sería la pérdida de la pared celular y así poder engullir bacterias, y el segundo la aparición de compartimientos intracelulares con material genético producto de la constante fagocitosis que se desarrollaba.

El núcleo, las mitocondrias y los cloroplastos pudieron haber aparecido como resultado de este proceso, pero esto no ocurrió seriadamente o en tiempos separados, sino simultáneamente, en la misma célula huésped hace aproximadamente 960 millones de años.

7▸ Los primeros organismos coloniales y pluricelulares

El salto evolutivo de seres unicelulares a pluricelulares es una de las grandes incógnitas de la biología. Sabemos que ocurrió de manera independiente en animales, plantas y hongos.

Los primeros organismos pluricelulares con células eucariotas surgieron al comenzar a colaborar unas con otras, estas células se asociaban y especializaban, para crear seres vivos cada vez más complejos e independientes. Estos organismos eran muy simples, pero si las células no hubiesen dado ese gran paso, las cosas serían muy diferentes de como las conocemos hoy en día. La aparición de la pluricelularidad trajo grandes beneficios, entre ellos, la diferenciación celular, que en la historia de la vida posibilitó la formación de tejidos, órganos y sistemas. Otras de las grandes ventajas de la pluricelularidad fue la aparición de organismos de gran tamaño, con diversidad de formas. Existen varias hipótesis sobre el origen de la pluricelularidad, entre ellas tenemos:

- **La teoría colonial.** Sostiene que los organismos pluricelulares surgieron a partir de colonias de protistas flagelados, con células vegetativas y reproductivas. La especialización celular se volvió irreversible y originó colonias de células que ya no podían vivir separadas del conjunto.

Evolución de la multicelularidad

Unicelular | Colonia multicelular no diferenciada | Colonia multicelular diferenciada

- **La teoría plasmodial (sincitial).** Ubica el origen de la pluricelularidad en unos hongos mucilaginosos que presentan una célula grande y polinucleada. En este caso, un organismo plasmodial habría formado compartimentos celulares distintos unidos en un mismo cuerpo.
- **La teoría de la fagotrofia.** Basada en el mecanismo de nutrición heterótrofa, en el cual los seres vivos unicelulares ingieren por endocitosis su alimento: organismos unicelulares o parte de estos. Los primeros organismos unicelulares eran osmótrofos, se alimentaban a partir de nutrientes disueltos en el agua que incorporaban a través de la membrana celular. Su colonización condujo a la escasez de nutrientes y así aparecieron los organismos fagótrofos, que capturaban otros organismos para alimentarse. Como respuesta adaptativa, los organismos osmótrofos se asociaron y formaron colonias, para de esta manera evitar ser ingeridos por los fagótrofos. Estas colonias habrían formado a los pluricelulares.

El impulso de la sexualidad originó una explosión evolutiva al aparecer millones de nuevas formas de especies, la competencia por el espacio vital se hizo más intensa. En este contexto se formaron las primeras colonias de organismos interdependientes; así la especialización celular posterior originó a los pluricelulares. Las especies acuáticas invadieron la tierra amparadas en la protección que brindaba la capa de ozono hace unos 430 millones de años originándose así los hongos, plantas y animales terrestres.

8▸ El paso de la vida acuática a la terrestre

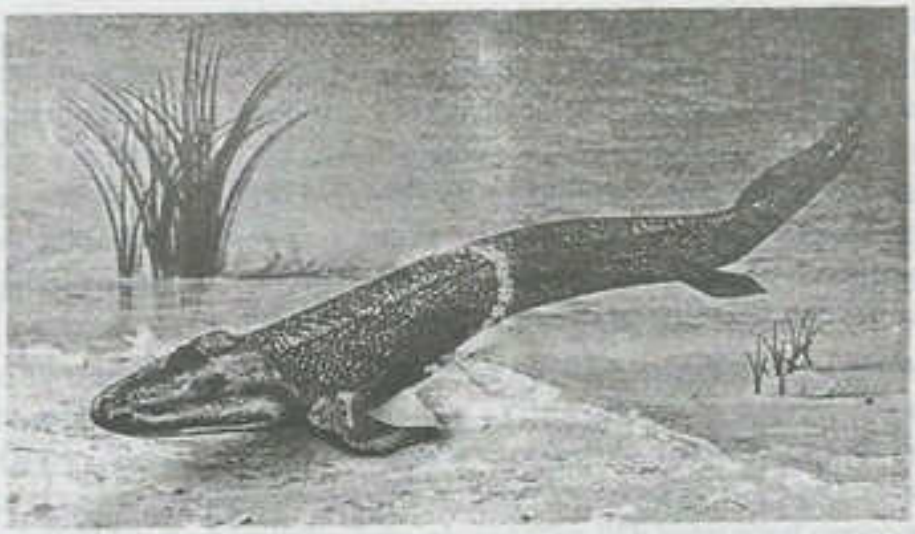
Los primeros seres vivos se desarrollaron en un ambiente acuático, allí obtenían alimento y refugio ante los depredadores. Cuando aumentó la cantidad de oxígeno en la atmósfera se formó la capa de ozono y evitó que los rayos más dañinos del Sol llegaran hasta la superficie de la Tierra. Este hecho favoreció el paso de algunos microorganismos al medio terrestre que, luego de millones de años, permitieron el desarrollo de la gran variedad de formas de vida que conocemos en la actualidad.

La colonización de la tierra fue uno de los hitos cruciales en la historia de la vida. Existen evidencias evolutivas de que las cianobacterias primitivas y otros procariotas fotosintéticos revistieron la superficie terrestre húmedas hace mucho más de 1000 millones de años. Sin embargo, la vida microscópica en forma de plantas, hongos y animales no colonizó la tierra hasta hace 500 millones de años. Esta iniciativa evolutiva gradual fuera de los ambientes acuáticos ancestrales se asoció con adaptaciones que ayudaron a prevenir la deshidratación y que hicieron posible la reproducción sobre la tierra; por ejemplo, las plantas que evolucionaron de las algas tienen un revestimiento de cera en sus hojas que disminuye la perdida de agua.

Las plantas colonizaron la tierra en compañía de los hongos, incluso hoy en día, las raíces de la mayoría de las plantas se asocian con los hongos que ayudan a la absorción del agua y minerales del suelo. Esta interacción data desde la época que la vida comenzaba a propagarse por la tierra.

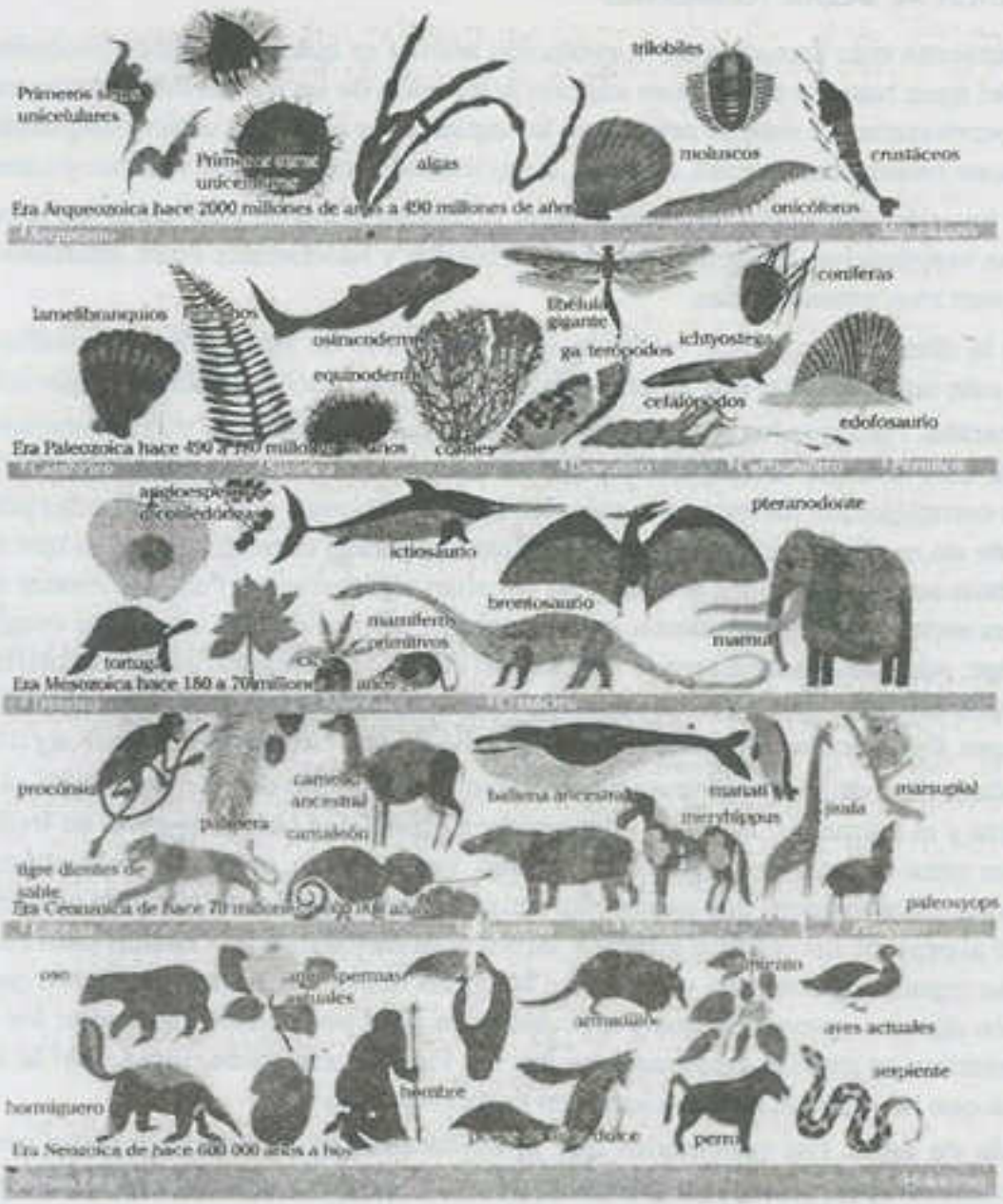
Una gran explosión Cámbrica, hace 500 millones de años, dio origen a una gran diversificación de esquemas corporales y la aparición de una gran variedad de especies de animales. Así que muchas especies de invertebrados y vertebrados comenzaron la colonización adaptándose a esas condiciones inóspitas que determinó el ambiente terrestre. Los más exitosos fueron los artrópodos (insectos y arácnidos) y los vertebrados terrestres o tetrápodos (anfibios, reptiles, aves y mamíferos). Los cambios no solo fueron en las formas de locomoción, sino también los procesos fisiológicos de respiración, excreción, circulación, digestión y coordinación nerviosa.

Primeros vertebrados en su paso del agua a la tierra



Un pez largo y delgado conocido como *Eusthenopteron* desarrolló un principio de pulmón con el que podía pasar cierto tiempo saltando fuera del agua.

LA HISTORIA DE LA VIDA SEGÚN LAS ERAS GEOLÓGICAS EN LA TIERRA



9▸ LOS PRIMEROS VERTEBRADOS ADAPTADOS A LA VIDA TERRESTRE

Los primeros vertebrados adaptados a la vida terrestre fueron los reptiles, que aparecieron hace más de 300 millones de años.

Los reptiles surgieron como evolución de los anfibios, al igual que estos, ponían huevos, pero su avance se encontraba en que éstos contaban con un recubrimiento impermeable, lo que permitía contener en su interior una solución acuosa donde el embrión se desarrolle, a la vez que podía contener una mayor cantidad de reserva de comida, haciendo así que la cría saliese del huevo perfectamente formado, lo que suponía así, una mayor probabilidad de supervivencia.

Sin embargo, su sangre era fría, es decir, necesitaban absorber la energía del sol para calentarse y así poder mantenerse activos, con lo que no podían colonizar zonas frías y largos periodos de sombría podía suponer su extinción.

10▸ INVASIÓN AL MEDIO TERRESTRE

El acontecimiento más llamativo de la evolución animal es quizás el avance evolutivo de los vertebrados del agua hasta la tierra, pues supone la invasión de un medio físicamente muy peligroso para la supervivencia. La vida se originó en las aguas y los animales están compuestos principalmente de este mismo compuesto, además, las actividades celulares se realizan en medio acuoso.

Aunque la invasión del medio terrestre supuso la modificación de casi todos los sistemas corporales de los vertebrados, las semejanzas estructurales y funcionales entre animales acuáticos y terrestres eran muy pronunciadas.

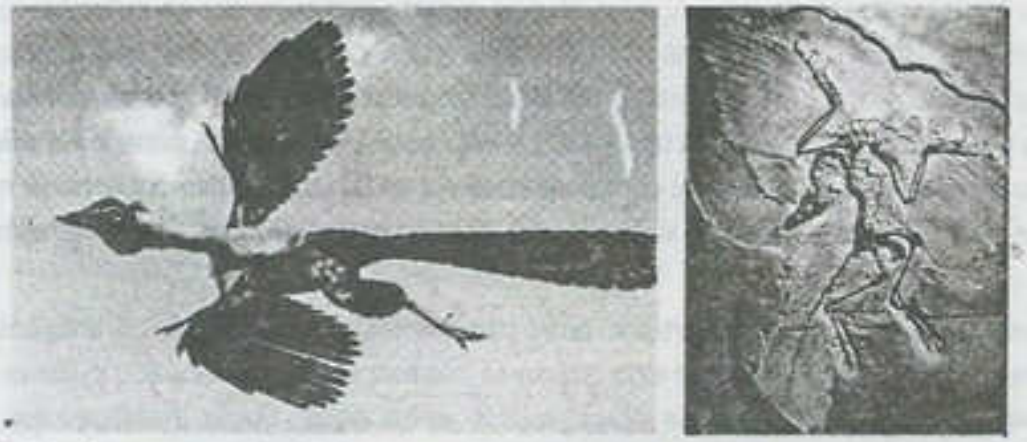
A parte de la diferencia más que evidente en el contenido de agua entre los medios acuáticos y terrestres, este nuevo hábitat que se presentaba acarreaba muchos problemas que solucionar:

- **Respiración.** Para que los vertebrados acuáticos pudieran pasar al medio terrestre debían desarrollar otro sistema de respiración que no fueran las branquias, pero este fue el problema menos complejo que tuvieron que solucionar. Las branquias eran inadecuadas porque necesitaban de un medio líquido para poder realizar su función correctamente, ya que en el aire los filamentos se pegaban unos a otros y se secaban rápidamente. Para solucionar estos problemas, los vertebrados desarrollaron una especie de pulmones, que eran unas evaginaciones de lá faringe; además desarrollaron la circulación doble, aumentando así la vascularización de los pulmones evitando que estos se secaran, ya que estaban continuamente provistos (regados) de sangre. Esta circulación doble está compuesta de una circulación sistémica y una pulmonar.
- **Gravedad.** Otro de los problemas a solucionar era el hecho de que en el agua el cuerpo apenas pesa y el animal no necesita adaptaciones especiales para conservar su forma, moverse, soportar peso o mantener órganos en su sitio, sin embargo, en el aire todo era muy diferente por lo que estos tuvieron que desarrollar músculos en la región ventral para prevenir su ruptura debido al peso de los órganos internos, también desarrollaron las costillas para ello; para mantener su espalda su columna vertebral se hizo más resistente. Además tuvieron que desarrollar también algunos nuevos huesos y articulaciones para poder moverse mejor; los pulmonados del Devónico se movían arrastrándose por los fondos cenagosos, simulando la acción de remar, ya que no poseían articulaciones en hombro y codo.
- **Pérdida de agua.** Los vertebrados que se adentraban en el mundo terrestre necesitaban de un mecanismo para minimizar la pérdida de agua, ya que el aire seco de la tierra provocaba la deshidratación de los frágiles tejidos de los peces, debido a la difusión de agua que se produce desde el cuerpo hacia el ambiente. Hasta la queratinización de la piel de los reptiles ese problema seguía sin resolverse; los anfibios no tienen ningún mecanismo para evitar la pérdida de agua, por eso necesitan tener su piel constantemente húmeda, por lo que dependen mucho aún del medio acuático.
- **Reproducción.** Para una mejor adaptación en el medio terrestre los vertebrados acuáticos debían dejar de depender del agua para su reproducción. Los primeros tetrápodos debían poner sus huevos en el agua para el correcto desarrollo de los individuos; este es aún el caso de los anfibios, que ponen sus huevos en el agua, de estos salen los renacuajos que más tarde se metamorfosearán en formas adultas terrestres. Hasta que los huevos no desarrollaron una cubierta resistente, resultaba inviable dejarlos en tierra firme.

Los primeros animales que salieron del agua debían adaptarse a estas condiciones tan poco propicias. Tras millones de años de evolución consiguieron por fin abrirse camino en el mundo terrestre.

Las aves derivaron de los dinosaurios. El archaeopteryx, por sus características, era el animal a establecer la transición entre dinosaurios y aves. Medía tan solo 35 cm como una paloma. Presentaba rasgos al de un dinosaurio terópodo: una larga cola ósea, presencia de garras en los dedos y de dientes en las mandíbulas. El ala es, en esencia, muy similar a la de un pájaro moderno, ya que sus plumas eran altamente asimétricas, y las de su cola eran muy gruesas.

ARCHAEOPTERYX



El Archaeopteryx es un género extinto de aves primitivas, con caracteres intermedios entre los dinosaurios emplumados y las aves modernas.

Los mamíferos derivaron de los reptiles hace unos 230 millones de años, de una forma gradual e insensible, a partir del grupo de los terápcidos. Los primeros tuvieron una talla pequeña, pero se vieron favorecidos con la decadencia y desaparición de los grandes reptiles y aumentaron lentamente en número y tamaño. En el eoceno comenzaron a aparecer los grupos modernos y en el oligoceno surgió una gran variedad de especies con predominio de los ungulados. Los mamíferos alcanzaron el punto culminante de su desarrollo con los elefantes y los grandes carnívoros del mioceno. A partir de este periodo disminuyeron en variedad y talla. Con el transcurso del tiempo han experimentado una considerable transformación ante la necesidad de adaptarse a una gran variedad de medios.

***LISOWICIA BOJANI* REESCRIBE LA HISTORIA DE LOS MAMÍFEROS**

Durante el periodo Triásico (hace 262-201 millones de años), coexistieron unos reptiles parecidos a los mamíferos, llamados terápsidos. Un grupo de terápsidos son los dicinodontos (Universidad de Uppsala - Suecia).

LECTURA

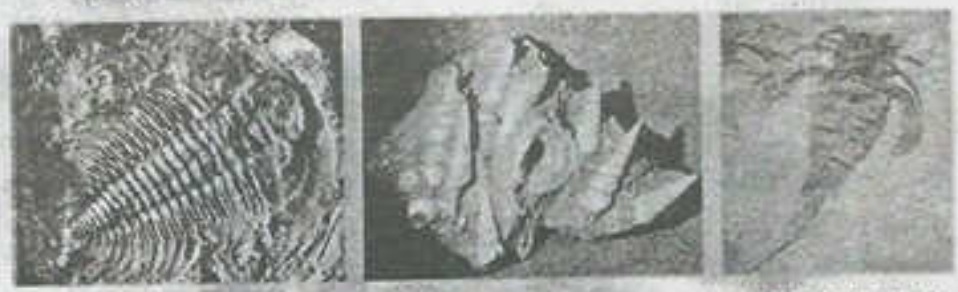
¿Cómo surgieron los animales en la Tierra?

Hace cientos de millones de años nuestro planeta experimentó la madre de todas las edades de hielo. Un evento que no solo convirtió a la Tierra en una bola de nieve gigante, sino que, según una investigación liderada por la Universidad Nacional Australiana (Australia) probablemente también sentó las bases para una revolución biológica. La respuesta a este vetusto misterio ha sido hallada en antiguas rocas sedimentarias del centro de Australia en las que se han encontrado moléculas orgánicas atrapadas en la roca que sugieren una floración global de algas tras el derretimiento del hielo.

"Aplastamos las rocas hasta convertirlas en polvo para extraer las moléculas de los antiguos organismos. Estas moléculas nos dicen que algo realmente interesante ocurrió hace 650 millones de años. Fue la revolución de los ecosistemas: el surgimiento de las algas". Según investigadores, el surgimiento de las algas desencadenó una de las revoluciones ecológicas más profundas de la historia de la Tierra, sin la que los seres humanos y otros animales no existirían.

"Antes de que todo esto sucediera, hubo un evento dramático llamado Tierra Bola de Nieve". En dicho momento, la Tierra se congeló durante 50 millones de años y, cuando la nieve comenzó a derretirse durante un evento de calentamiento global extremo, los ríos arrojaron torrentes de nutrientes al océano, arrancando este fabuloso proceso de la vida.

Los niveles extremadamente altos de nutrientes en el océano y el enfriamiento de las temperaturas globales a niveles más acogedores, crearon las condiciones perfectas para la rápida propagación de algas. "Esos grandes y nutritivos organismos en la base de la cadena trófica proporcionaron la explosión de energía necesaria para la evolución de los ecosistemas complejos, donde animales cada vez más grandes y complejos, pudieron medrar". Así, el final de esta época de Tierra gélida liberó en el océano grandes cantidades de nutrientes y, gracias a ellos, aparecieron algas y animales cada vez más complejos.



Los animales se desarrollaron en los mares primitivos gracias a la abundancia de alimentos que podían conseguir.

Adaptado de <Muyinteresante.es>.

Preguntas resueltas

Pregunta 1

Un momento importante en la historia de la vida fue la transformación de la atmósfera reductora a oxidante. Esto fue debido a los organismos primitivos que iniciaron la liberación de oxígeno a la atmósfera. La información anterior hace referencia a las

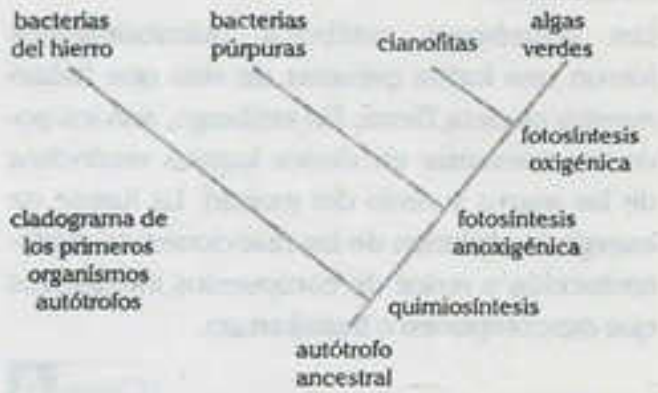
A) bacterias de hierro.
B) bacterias del nitrógeno.
C) cianobacterias.
D) algas verdes.
E) bacterias sulfurosas.

Resolución

Hace 2500 millones de años se desarrollaron las cianobacterias. Este tipo de bacterias fueron las primeras capaces de realizar la fotosíntesis y, por lo tanto, de producir oxígeno. Quinientos millones de años más tarde ya habían cambiado la atmósfera de la Tierra, ya era oxidante.

Clave C

En el siguiente cladograma se hace referencia al origen de los organismos autótrofos de vida unicelular. Según lo observado conteste las preguntas 2 y 3



Pregunta 2

Los primeros organismos que iniciaron la fotosíntesis en la Tierra primitiva, pero que aún no liberaron oxígeno, fueron las

A) algas verdes.
B) algas verde azules.
C) bacterias de hierro.
D) bacterias púrpuras.
E) cianofitas.

Resolución

Los primeros organismos fotosintéticos en liberar oxígeno fueron las cianobacterias. Sin embargo, los organismos que iniciaron la fotosíntesis fueron las bacterias púrpuras liberando azufre a la atmósfera.

Clave D

Pregunta 3

¿Qué en común presentan las bacterias de hierro y las algas verdes unicelulares?

A) Ambos son organismos unicelulares fotosintéticos.
B) Presentan organelas fotosintéticas.
C) Son organismos que obtienen la fuente de energía de las reacciones redox.
D) Presentan como fuente de carbono al dióxido de carbono.
E) Realizan la fotosíntesis, pero no liberan oxígeno.

Resolución

Las bacterias de hierro, púrpuras del azufre, cianofitas y algas verdes son autotrofas y todas ellas presentan como fuente de carbono al dióxido de carbono, necesario en la formación de sus moléculas orgánicas.

Clave D

Lumbreras Editores

A todo el público en general:

El Proyecto Modo Scan+100, nace de una idea del **Team Calapenshko**, el cual es difundir todo aquel texto inédito que no esté circulando en la red.

Nuestro Grupo Calapenshko hace el mejor esfuerzo para digitalizar este libro, y así usted estimado lector pueda obtener la mejor experiencia que toda persona desea al abrir un libro.

Este proyecto llega gracias a las **donaciones que se pudo obtener de 100 personas** comprometidas con el proyecto **MODO SCAN+100**.

Este libro no debe ser prostituito monetariamente, este libro no debe ser coleccionado, este libro debe ser destruido analíticamente, así que te invito a leerlo.

No pagues por este libro de **circulación gratuita**, búscalo en la red.

Atentamente, el **GRUPO CALAPENSHKO**

18 de agosto del 2020

Pregunta 4

La teoría endosimbiótica propuesta por Lynn Margulis, en 1967, afirmó que el origen de las mitocondrias y cloroplastos, fue a partir de bacterias aeróbicas y cianobacterias. El mecanismo de cómo ingresaron a las células eucariotas fue por fagocitosis, y en el interior de la célula cumplieron las funciones de respiración celular y fotosíntesis, originándose de esta manera las células animales y vegetales. ¿Cuáles son las evidencias que respaldan la teoría de Margulis?

I. La presencia de ADN circular en mitocondrias y cloroplastos.
II. Las mitocondrias y los cloroplastos se dividen por fisión binaria como sucede en las bacterias.
III. La presencia de ribosomas y lisosomas en mitocondrias y cloroplastos como se observa en las bacterias.
IV. La síntesis proteica en mitocondrias y cloroplastos es autónoma, ya que está controlada por su ADN circular.

A) I, II y III
B) II, III y IV
C) I, II y IV
D) I y II
E) II y IV

Resolución

La teoría endosimbiótica de Lynn Margulis explica el origen de las células animales y vegetales. Según la teoría, las células eucariotas primitivas fagocitaron a bacterias aeróbicas y cianobacterias. Margulis propuso varias evidencias que respaldaron su teoría. Sin embargo ella no afirmó que los lisosomas estén presentes en las mitocondrias, cloroplastos y bacterias.

Clave C

Pregunta 5

Los primeros organismos autótrofos aparecieron aproximadamente hace 3200 millones de años y se desarrollaron en los mares primitivos. Las primeras formas de vida en producir alimento, aprovecharon la energía liberada de las reacciones químicas de compuestos inorgánicos (hierro, azufre, nitrógeno e hidrógeno). Es así que, se puede afirmar que estos organismos eran quimiosintéticos. De acuerdo a la observación y análisis del siguiente esquema, marque la alternativa correcta.

A) Los primeros organismos quimiosintéticos eran bacterias que obtenían la energía de las reacciones redox.
B) Estos primeros organismos tenían una nutrición autótrofa fotosintética
C) La fuente de carbono que utilizaron en la fabricación de sus compuestos orgánicos era el dióxido de carbono.
D) La fuente de energía la obtenían a partir de las reacciones químicas de compuestos inorgánicos de hierro y glucosa.
E) La fuente de energía que utilizaron para formar glucosa era la luz.

Resolución

Los organismos autótrofos quimiosintéticos fueron una forma primitiva de vida que habitó nuestro planeta Tierra. Sin embargo, aun los podemos encontrar en ciertos lugares recónditos de los mares y suelo del mundo. La fuente de energía la obtienen de las reacciones de oxidorreducción o redox de compuestos inorgánicos que descomponen o transforman.

Clave A

Lumbreras Editores

Pregunta 6

El origen de los organismos pluricelulares a partir de unicelulares fue hace 1000 millones de años y presentó formas independientes en la historia de vida. Los principales linajes de eucariotas pluricelulares son las algas, plantas, hongos y animales.

La teoría que afirmó el origen a partir de una gran célula con muchos núcleos y que luego se segmentó en nuevas células con núcleo se denominó

A) endosimbiótica.
B) fagotrófica.
C) colonial.
D) plasmodial.
E) de los coacervados.

Resolución

El origen de cada linaje eucariota pluricelular de las plantas, algas, hongos y animales fue de forma independiente en cada uno de ellos y existen varias teorías que sustentan esta génesis, pero quien sustenta ese origen a partir de una célula polinucleada es la teoría plasmodial o sincitial.

Clave D

Pregunta 7

La teoría ..... propuesta por Ernst Haeckel en 1874 propone la simbiosis entre muchos organismos de una misma especie que se agruparon y condujeron a la formación de un organismo multicelular.

A) plasmodial
B) sincitial
C) colonial
D) endosimbiótica
E) endocítica

Resolución

La teoría colonial sustenta que los organismos unicelulares eucariotas de la misma especie se asociaron buscando la protección de otros organismos unicelulares depredadores y así evitar ser fagocitados. En consecuencia se originaron los primeros organismos multicelulares que con el pasar del tiempo ya no podían separarse, ya que existió una simbiosis entre sus células.

Clave C

Pregunta 8

La historia de la vida se estima en aproximadamente 3600 Ma. Las primeras formas de vida fueron microorganismos unicelulares que se alimentaban de las moléculas orgánicas dispersas en el caldo primitivo marino.

Por lo tanto, la primera forma de nutrición de los seres vivos fue

A) fotosintética.
B) autótrofa.
C) heterótrofa.
D) mixótrofa.
E) quimiosintética.

Resolución

Los primeros organismos probablemente se alimentaron de compuestos orgánicos constituidos por proteínas, carbohidratos y lípidos. Esto quiere decir que la forma de nutrición fue heterótrofa.

Clave C

Lumbreras Editores

Preguntas propuestas

1. La teoría del mundo del ARN propuesta por Walter Gilbert, en 1986, afirmó que los primeros ácidos nucleicos en el interior de las células fueron los ARN y no el ADN. Esta teoría fue sustentada porque el ARN

   I. tiene capacidad de almacenar la información genética.
   II. puede actuar como un catalizador formando enlaces peptídicos.
   III. puede presentar una doble cadena de información genética, sirviendo cada cadena como molde para reparar las mutaciones en ella.

   A) solo I
   B) solo II
   C) solo III
   D) I y II
   E) I, II y III

2. El desarrollo de una membrana lipídica permitió que se genere la compartamentalización celular. Pero también fue importante en encerrar sustancias necesarias para su metabolismo celular, de este modo surgieron las organelas membranosas. ¿Cuál es la característica fundamental de estos lípidos que constituyen las membranas celulares?

   A) Tienen carácter antipático, ya que se comportan como polar y apolar.
   B) Presentan solo carácter apolar y por eso tiene capacidad de formar membranas.
   C) Presentan solo carácter polar por lo cual se unen al agua del medio interno celular.
   D) Tienen carácter antipático ya que no son polares ni apolares.
   E) Carecen del carácter antipático, ya que son polar y apolar a la vez.

3. Los primeros organismos que surgieron en la Tierra hace 3800 millones de años presentaron ciertas características predominantes que le permitieron sobrevivir y evolucionar. ¿Cuáles fueron las características que presentaron los primeros seres vivos?

   I. unicelular
   II. procariotas
   III. heterótrofos
   IV. autótrofos
   V. eucariotas

   A) I y II
   B) I, II y III
   C) I, III y IV
   D) I, II y IV
   E) II, III y V

4. Los primeros organismos autótrofos fueron los organismos quimiosintéticos, esto quiere decir que elaboraron sus moléculas orgánicas utilizando la energía que se libera de las reacciones químicas que ocurrían durante la transformación de compuestos inorgánicos. En la actualidad existen algunos organismos con estas características como es el caso de

   A) las cianobacterias.
   B) las bacterias de hierro.
   C) las bacterias purpúreas.
   D) las algas *Chlorrellas*.
   E) los hongos mucilaginosos.

Lumbreras Editores

5. Se cree que los plástidos se formaron a partir de cianobacterias endosimbióticas. La simbiosis se desarrolló hace 1500 millones de años y ha permitido que los eucariotas lleven a cabo la fotosíntesis oxigénica. Tres linajes evolutivos han surgido desde que los plástidos se nombran de manera diferente en los organismos fotosintéticos: los ..... en algas las verdes y plantas, los ..... en las algas rojas, y los ..... en las algas pardas.

A) cloroplastos - rodoplastos - feoplastos
B) cloroplastos - feoplastos - rodoplastos
C) rodoplastos - feoplastos - cloroplastos
D) feoplastos - cloroplastos - rodoplastos
E) rodoplastos - cloroplastos - feoplastos

Lea el siguiente texto y, a continuación, responda las preguntas 6 y 7.

La teoría de la fagotrofía, sobre el origen de los organismos pluricelulares, establece que los organismos unicelulares osmótrofos tuvieron que agruparse para evitar ser devorados por los organismos fagótrofos. Con el fin de aportar un sustento experimental a esta Teoría, se diseñó un experimento utilizando un alga verde unicelular denominada *Chlorella vulgaris* y un protozoo flagelado fagótrofo denominado *Ochromonas vallescia*.

De este modo, se procedió a cultivar *Chlorella* (presa) en presencia del *Ochromonas* (predador). En menos de 100 generaciones de la presa se pudo observar que en el cultivo predominaba una forma pluricelular del alga. De hecho, analizando el proceso en detalle, se pudo comprobar que después de unas pocas generaciones tras la introducción del predador, las células de *Chlorella* se asociaban en agrupaciones de entre decenas y cientos de células. Sin embargo, después de unas 20 generaciones, comenzaron a predominar aquellas agrupaciones constituidas por 8 células de *Chlorella*, las cuales se mantenían de forma indefinida en el cultivo. Parecía por tanto, que estas colonias de 8 células lograban una situación de compromiso en la cual eran prácticamente inmunes al predador Ochromonas y a su vez, presentaban un tamaño lo suficientemente pequeño como para que cada una de las 8 células de la colonia tuviera un acceso directo a los nutrientes del medio de cultivo.

6. En el experimento que se desarrolló en laboratorio con el cultivo de *Chlorella* en presencia del *Ochromonas*, las algas de *Chlorella* se asocian formando colonias, porque desarrollan ciertos ventajas ante la presencia del predator Ochomonas. ¿Cuáles son estas ventajas que presentarán la asociación colonial de ocho células de las algas *Chlorrellas*?

I. Evitan la fagocitosis de los predatores Ochronemas.
II. Pueden alimentarse del medio sin ningún inconveniente.
III. Genera la facilidad de ser fagocitado por los Ochromonas.

A) solo I
B) solo II
C) I y II
D) I y III
E) I, II y III

7. Según el texto sobre el origen de los organismos pluricelulares mediante la teoría fagotrófica, señale si las proposiciones son verdaderas (V) o falsas (F) y marque la alternativa correcta.

   I. Los organismos osmótrofos devoran a otros organismos pluricelulares.

   II. Los organismos fagótrofos devoran a otros organismos unicelulares.

   III. Las algas *Chlorellas* se asocian en decenas a cientos, pero las colonias más estables son de ocho células.

   A) VVF
   B) FFV
   C) FVV
   D) VVV
   E) FFF

8. La teoría que sustenta el origen de las células eucariotas por inclusión de bacterias aeróbicas y cianobacterias al interior de la célula eucariota, y que posteriormente se transformaron en mitocondrias y cloroplastos se denomina

   A) endocítica.
   B) endosimbiótica.
   C) fagotrófica.
   D) colonial.
   E) plasmodial.

9. Los organismos eucariotas pluricelulares han aparecido varias veces en sus diversos grados. Algunos taxones en la actualidad son esencialmente pluricelulares mientras que otros contienen tanto especies unicelulares como coloniales y pluricelulares. Respecto al siguiente cuadro, indique la alternativa correcta.

Grupos	Unicelular	Colonial	Pluricelular
glaucophyta	sí	no	no
dinoflagellata	sí	sí	no
choanofagellata	sí	sí	no
metazoa	no	no	sí
eumycota	sí	sí	sí

   A) Los organismos del grupo de las glaucophytas son de organización colonial y pluricelular.
   B) Los organismos del grupo eumycota son de organización solo pluricelular.
   C) El grupo de los metazoa son solo de organización colonial.
   D) El grupo de los choanoflagellatas tienen organización unicelular y colonial.
   E) Los organismos del grupo de los dinoflagellatas son de organización unicelular.

10. Los primeros organismos autótrofos fotosintéticos, denominados cianobacterias, surgieron hace 2600 millones de años y permitieron dar ciertas condiciones ambientales a la Tierra que desencadenó un rumbo diferente en la evolución de la vida. ¿Cuáles fueron estas condiciones ambientales que generó la fotosíntesis realizadas por las cianobacterias?

    A) Generar una atmósfera reductora y formar la capa de ozono.
    B) Liberar oxígeno al ambiente y originar la capa de ozono.
    C) Generar una atmósfera oxidante y destruir la capa de ozono.
    D) Formar el filtro solar y una atmósfera reductora.
    E) Liberar dióxido de carbono y regenerar la capa de ozono.

Lumbreras Editores

CAPÍTULO XIX

EVOLUCIÓN HUMANA

Objetivos

- Reconocer a la especie humana dentro del proceso de la evolución.
- Distinguir las principales especies de homínidos del pasado.
- Identificar las principales características que permitieron el proceso de hominización.

Introducción

La especie humana ha evolucionado a partir de otras especies ancestrales. Para entender nuestra naturaleza debemos conocer su origen e historia evolutiva. Esta historia ha sido reconstruida con la ayuda de muchas disciplinas científicas como es el caso de la paleontología, biogeografía, antropología y biología molecular.

El hombre, el perro, la ballena, la jirafa, el murciélago, el gato, los monos, entre otros, integramos la clase mamaria, cuyas características distintivas son la presencia de glándulas mamarias y pelos por todo el cuerpo. Dentro de esta clasificación, los seres humanos formamos parte del grupo de los primates que incluye algunas especies de monos como los gorilas, orangutanes y chimpancés. Compartimos con ellos varias características que no tienen otros mamíferos como las uñas planas en los dedos en lugar de garras, manos con pulgar oponible y, en el caso de los machos, un pene que cuelga libre, en lugar de estar adherido al abdomen.

Sin embargo, y a pesar de grandes semejanzas, los seres humanos tenemos características biológicas distintivas como el cerebro desarrollado, la postura bipeda, la cara plana, el pulgar oponible más largo, la reduccion de vellos corporales, los cambios en las glándulas de la piel, la ovulación críptica, la inteligencia y la habilidad de comunicamos mediante el lenguaje.

Charles Darwin fue uno de los naturalistas que planteó un ensayo sobre la evolución del hombre mediante la selección natural. También es importante considerar las obras de Friedrich Engels (*El papel del trabajo en la transformación del mono al hombre*), Thomas Huxley (*Historia de la evolución humana*) y Ernest Haeckel (*Los enigmas del Universo*), así como las publicaciones del anatomista y antropólogo Paul Broca. Ellos constituyeron puntos de apoyo fundamentales en la argumentación de la antropogénesis. Por último, la evolución humana forma parte del proceso evolutivo de la diversidad biológica, pero la hominización fue y es una identidad sociocultural y biológica, algo que lo diferencia de la evolución de las demás especies.

1▸ Naturaleza biológica-cultural del hombre

Actualmente, la ciencia no tiene ninguna duda respecto de la naturaleza biológica animal del hombre, clasificado dentro de este reino. Las funciones biológicas del hombre son semejantes a las de los demás mamíferos placentarios, en mayor medida con los primates.

Sin embargo, un carácter particular de la especie humana es su integración sociocultural, solo el hombre es capaz de realizar actividades de forma consciente: pensar, realizar trabajos, recibir y mostrar afectos. Estos aspectos son los que diferencian a nuestra especie de los demás animales. En el proceso de evolución humana, es necesario diferenciar dos aspectos: el de la evolución propiamente biológica y de la socialización. En una primera etapa, los cambios biológicos fueron grandes, tanto a nivel genético-molecular como en lo morfológico. En una segunda etapa se reducen los cambios a nivel biológico y aumenta el proceso de socialización a través de las relaciones económicas (trabajo).

2▸ Evolución de los primates

Los primates son un grupo de mamíferos adaptados a la vida arborícola. Tienen extremidades largas y esbeltas con dedos prensiles, y ojos en la frente, lo que permite la visión en tres dimensiones. Adoptan una postura erguida o semierguida y desplazan las cuatro extremidades en varias direcciones. Posee dedos con movilidad independiente, un pulgar oponible en las manos y, generalmente, en los pies, por lo que pueden asir objetos con las cuatro extremidades. Los dedos tienen uñas en lugar de garras, y huellas dactilares en los pulpejos de los dedos (dermatoglifos). Además poseen un cerebro relativamente grande.

Su comportamiento social es complejo y las hembras suelen parir un solo hijo en cada parto, el cual necesita un largo periodo de crianza y protección. Los primeros primates surgieron hace unos 50 millones de años, poco después que se extinguieron los dinosaurios. Actualmente se dividen en dos grupos: los prosimios y antropoides.

2.1. Suborden prosimios

Son animales de pequeño tamaño y de costumbres nocturnas, por ejemplo: lémur, galago, aye-aye y társido. El fósil más antiguo y completo de un primate lémur fue hallado cerca de un cráter volcánico en Frankfurt (Alemania) y vivió hace 47 millones de años. Este hallazgo es una prueba definitiva de un eslabón importante en la evolución de los primates.

Principales prosimios

2.2. SUBORDEN ANTROPOIDEO

Son animales diurnos de mayor talla y con un encéfalo de una mayor dimensión que los prosimios. Los antropoideos se dividen en platirrinos y catarrinos.

2.2.1. Platirrinos

Monos del Nuevo Mundo

Habitan en los bosques tropicales de Centroamérica y Sudamérica, se caracterizan por vivir en los árboles, presentan cola prensil, tienen la nariz aplanada con los orificios nasales muy separados, razón por la cual son llamados platirrinos (del griego *platys*, 'plano' y *rhinos*, 'nariz'), entre ellos: el mono coto, choro, aullador, titi, frailecillo, etc. El fósil más antiguo de platirrino que se ha encontrado fue en Bolivia y es de hace unos 27 millones de años.

2.2.2. Catarrinos

Monos del Viejo Mundo

Habitan en regiones tropicales de África y Asia, en su mayoría viven en los árboles, aunque los babuinos y macacos pasan gran parte del tiempo en la tierra y carecen de cola prensil. El nombre catarrino (del griego *kata*, 'hacia abajo' y *rhinos*, 'nariz') indica la forma de la nariz, con aspecto estrecho y aberturas nasales hacia abajo. Los catarrinos se dividen en cercopitecus y hominoideos.

- **Cercopitecus.** Monos con cara de perro como los mandriles, macacos y papiones. El cercopitécido más antiguo y conocido es *Nsungwepithecus*, fue encontrado en Nsungwe (Tanzania) y es de hace 25 millones de años.
- **Hominoideos.** Presentan cara de humano, tórax ensanchado y pelvis grande que les permiten erguirse. Pueden colgarse y balancearse con los brazos. Se subdivide en dos grupos.
  - Grupo de monos antropomorfos o antropoides: Presentan las extremidades anteriores mayores que las inferiores con marcha cuadrúpeda y solo ocasionalmente bípeda. Son denominados simios. Comprenden dos familias: *Hylobatidae*, gibones del sudeste asiático, y *Pongidae*, orangután (Asia), gorila y chimpancé (África).
  - Grupo de homínidos: Presentan las extremidades anteriores menores que las posteriores y marcha bípeda. Comprende la familia *Hominoidae* con los géneros *Australopithecus* y *Homo*.

MONOS ANTROPOMORFOS O ANTROPOIDES

3▸ TEORÍAS EVOLUTIVAS SOBRE EL ORIGEN DEL HOMBRE

3.1. TEORÍA DE CHARLES DARWIN

Charles Darwin

Darwin fue un naturalista británico, quien publicó en 1859 la obra titulada *Sobre el origen de las especies por selección natural*, en la cual señala que el hombre y el mono tienen un antepasado común denominado primate de quien se desprenden dos grupos: homínidos y simios, quienes vivían en la copa de los árboles, siendo los homínidos más débiles por lo que fueron obligados a descender a la tierra, esto les permitió evolucionar de una forma distinta a los simios, proceso que fue denominado hominización. Según Darwin, esto se logró gracias a dos principios: la adaptación y la selección natural.

El origen del hombre y la selección en relación al sexo fue la segunda publicación que realizó Darwin en 1871, en el que explicó la evolución humana, aplicó la selección natural haciendo hincapié en la selección sexual y determinó la importancia del papel de la mujer en la elección del compañero de apareamiento.

Mediante este proceso de selección sexual fue quedando en los homínidos la postura bípeda, la visión binocular, el pulgar oponible de la mano y el desarrollo cerebral, producto del desarrollo de las facultades mentales. Además, el bipedismo provocó el ensanchamiento de la pelvis, el encorvamiento de la columna vertebral, el engrosamiento del dedo mayor del pie, siendo el apoyo del equilibrio corporal y que la cabeza adopte una posición vertical contribuyendo al desarrollo del lenguaje articulado.

3.2. TEORÍA DE FRIEDRICH ENGELS

Friedrich Engels

Engels fue un filósofo alemán del siglo XIX, quien publicó, en 1876, la obra *El papel del trabajo en la transformación del mono en hombre*, en la cual resaltó que el trabajo jugó un papel fundamental en la evolución humana. En este libro, traza las líneas generales sobre los factores que determinaron la evolución humana y que son plenamente aceptadas por la comunidad científica. Engels consideró tres factores esenciales: postura erecta, el cerebro y el lenguaje.

Nuestra postura erecta fue condicionada por la actividad más vital del ser humano: el trabajo. Pero, ¿que es el trabajo? Se define como el proceso que se efectúa entre el hombre y la naturaleza: el hombre valiéndose de los instrumentos de trabajo y la actividad dirigida a ese fin modifica los objetos de la naturaleza, de modo que estos pueden satisfacer sus necesidades.

El trabajo comenzó con la elaboración de instrumentos de caza y pesca, y poco tiempo después llegó el fuego y la domesticación de animales. Las migraciones generaron nuevos trabajos para conseguir un lugar y abrigo. Con el tiempo los productos de la actividad cerebral: arte, ciencia y política crearon la concepción filosófica del mundo. Por lo tanto, el trabajo es considerado un acto social y cultural.

CAMBIOS QUE OCURRIERON DEBIDO AL BIPEDISMO

El desarrollo del cerebro humano, a lo largo del proceso de hominización, fue favorecido por el tránsito a la locomoción erecta, que sitúa al cerebro en una posición vertical y que hizo posible una mayor circulación sanguínea, igualmente, contribuyó una dieta rica en proteínas por el consumo de carne y por último, el descubrimiento del fuego, ya que lo utilizó para cocinar sus alimentos; esto logró un menor gasto de energía durante la digestión y se aprovechó ese excedente energético en las actividades intelectuales desarrolladas en el cerebro humano.

La aparición del lenguaje, en el ser humano, fue necesaria para que pueda expresar y transmitir sus ideas dentro del grupo social. Los factores b ológicos, que condicionaron el desarrollo del lenguaje, fueron la presencia de las cuerdas vocales y las áreas cerebrales de Wernicke y Broca. Estos factores biológicos al ser estimulados para la comunicación lograron desarrollar el habla y con la experiencia acumulada por el hombre, este sistematizó un conjunto de sonidos que llegaron a ser las primeras palabras que posteriormente constituyeron el lenguaje articulado, permitiendo la difusión de un conjunto de elementos culturales adquiridos de generación en generación.

4▸ EVOLUCIÓN DE LOS HOMÍNIDOS

La familia de los homínidos abarca desde los primates más próximos al hombre. Sus características definitorias son la bipedestación, la dentición claramente omnívora y el desarrollo de la capacidad craneana. El origen de esta familia se suele situar en el Plioceno inferior, hace unos 10 millones de años, siendo el *Kenyapithecus* de África oriental y el *Ramapithecus* de Asia occidental los principales candidatos a ser considerados como el inicio de la línea evolutiva que separaría a los homínidos de los póngidos. Los datos de las pruebas inmunológicas hacen suponer que el gorila y el chimpancé son tan próximos al hombre que la separación de las líneas evolutivas de dichas especies debe ser posterior a la fecha fijada por los paleontólogos, mientras que el orangután sí debió separarse de la línea de los homínidos hace 10 millones de años. De otro modo, faltan datos fósiles que corroboren las aportaciones de la inmunología.

Los homínidos más antiguos son los del género *Australopithecus*, quienes alcanzaron un bipedismo imperfecto y un volumen craneal de 450 cm^3. Las especies más antiguas son el *A. anamensis* de 4,1 millones de años, seguido por *A. afarensis* de 3,5 millones de años, desaparecido este último hace un millón de años. El *A. afarensis* dio lugar a dos líneas evolutivas, en la primera se originó el *A. africanus* de 2,5 millones de años y *A. robustus* de 2,2 millones de años, quienes mantuvieron el bipedismo imperfecto y una mandíbula robusta apta para la nutrición carnívora. La segunda dio lugar al género *Homo* con especies importantes como el *habilis*, *erectus*, *neanderthalensis* y *sapiens*.

4.1. *SAHELANTHROPUS TCHADENSIS*

Sahelanthropus tchadensis

Es una especie de homínido extinto cuyos fósiles fueron hallados en el desierto del Djurab, en julio de 2001, dándose a conocer públicamente en Yamena, capital del Chad por un equipo franco-chadiense. Se hallaron restos craneales y restos poscraneales de al menos seis individuos, que incluyen un cráneo completo al que se le denominó Toumaï con una antigüedad de 6 a 7 millones de años. Su cráneo es simiesco y pequeño, aunque de rostro breve y dientes pequeños, en particular los caninos, que lo acerca a los humanos. Su arco supraorbital es muy prominente y no presenta cresta craneal; su volumen cerebral era, aproximadamente, de 350 cm^3, siendo similar al de los chimpancés modernos. Tiene rostro alto y la inferida posición del cráneo con referencia al cuerpo sería un indicador de posición bípeda. Podría ser el antecesor de *Ardipithecus ramidus*.

4.2. *ORRORIN TUGENENSIS*

Orrorin tugenensis

Es una especie de homínido fósil encontrado en las proximidades de la localidad de Tugen, en el área montañosa central de la actual Kenia, en octubre de 2000, por la paleoantropóloga francesa Brigitte Senut, el inglés Martin Pickford y colaboradores. Las dataciones sitúan a *Orrorin tugenensis* entre 6,2 y 5,6 millones de años. La morfología de este era, notablemente, similar a la de los actuales chimpancés con dos importantes diferencias: la longitud y forma del húmero y del fémur, así como la disposición de la articulación con la pelvis evidencian que estos homínidos estaban capacitados para la bipedestación. Otra característica morfológica muy interesante es su dentadura con caninos pequeños y molares bastante grandes, se deduce que estos primates tenían una dieta, principalmente, herbívora y frugívora, aunque es muy probable que fueran omnívoros y obtuvieran sus proteínas alimentándose también de insectos. La talla estimada de los ejemplares hallados fue de 1,4 m.

El género *Orrorin* es, posiblemente, uno de los eslabones que ha derivado en el ser humano actual (*Homo sapiens*), y es considerado posible descendiente directo del *Sahelanthropus tchadiensis* y ancestro directo de *Ardipithecus*.

4.3. *ARDIPITHECUS*

Ardipithecus

Es un género fósil de primates homínidos hallados en Etiopía, se les considera posibles descendientes de los *Australopitecus*. Las similitudes son grandes, aunque los fósiles encontrados presentan rasgos más simiescos y menos corpulentos que estos, es así que algunos investigadores afirman que se encuentra en la línea evolutiva del chimpancé; pero la mayoría considera, basándose en la similitud de su dentadura con la de los *Australopithecus*, que se encuentran insertos en la línea evolutiva humana, es decir serían antepasados nuestros.

En la actualidad hay descritas dos especies de *Ardipithecus*: *ramidus* y *kadabba*, aunque esta última fue presentada, inicialmente, como subespecie de la primera, llamada *Ardipithecus ramidus kadabba*, y posteriormente, tras nuevos hallazgos, fue ascendida al rango de especie. Los fósiles del *A. ramidus* están situados entre 4,5 y 4,1 millones de años; mientras que el *A. kadabba* tiene una antigüedad que varía entre 5,8 y 5,5 millones de años. En la lengua amhárico del lugar, donde fueron encontrados los restos (Etiopía), *ardi* significa 'suelo' y *ramid* significa 'raíz', mientras que *pithecus*, en griego, significa 'mono.

4.4. *AUSTRALOPHITECUS AFARENSIS*

Australophitecus afarensis

Fue descubierto el 24 de diciembre de 1974 por Donald Johanson, Yves Coppens y Tim White en el yacimiento de Hadar, valle del río Awash, Etiopía. El espécimen encontrado en aquel momento fue mundialmente conocido como Lucy. Este descubrimiento destacó sobre los demás por muchas cualidades, de modo especial, por ser el *Australopithecus* mejor conservado que fue descubierto hasta aquella fecha. Así, fue posible comprobar que la capacidad para caminar erguido, como los humanos actuales, fue muy anterior al crecimiento del cerebro. El estudio de su dentadura aclaró aspectos fundamentales sobre la evolución de los homínidos.

Los restos de Lucy fueron encontrados en el lugar donde habitaba la tribu Afar, de ahí el nombre *afarensis*, y junto con otros doce individuos de la misma especie, incluidos cráneos, conforman lo que se denomina la primera familia.

Lucy fue un primate bípedo erguido, pero diferente de los humanos en varios aspectos, su capacidad craneal fue entre 400 y 450 cm^3. Esto significa también un cerebro del tamaño de un chimpancé y cercano a la tercera parte del humano actual promedio. Además, era un homínido con frecuente actividad arbórea, ya sea recolectando frutos o buscando protección. Su pecho no tenía forma de barril como en los humanos, sino que se estrechaba, agudamente, hacia arriba (forma de campana). El dimorfismo sexual era muy marcado: los machos eran mucho más corpulentos que las hembras con un promedio de masa corporal de 45 kg para los machos y 32 kg para las hembras, y eran en su mayoría pequeños con una talla de 1,2 a 1,4 metros de altura.

AUSTRALOPITHECUS AFARENSIS

Los primeros restos fósiles del *A. afarensis* fueron descubiertos en 1974 por Johanson en los yacimientos de Hadar-Etiopía.

4.5. *HOMO HABILIS*

El descubrimiento de esta especie se debe a Mary y Louis Leakey, quienes encontraron los fósiles en Tanzania (África), en la conocida garganta de Olduvay, en 1962. Esta especie vivió en África austral y oriental de 2 a 1,5 millones de años, coexistiendo, por lo tanto, con los *Australopitecos*. Su bipedestación era perfecta, poseía una dentadura omnívora y su capacidad craneal era de 650 a 700 cm^3. Fue el autor de la *pebble culture* o cultura de los guijarros, industria lítica muy rudimentaria, también fabricaba utensilios de hueso y de madera. Su estatura fue de 1,3 metros y se alimentaba de frutos, semillas y, ocasionalmente, de carne. Procede probablemente del *Australopithecus africanus*.

Homo habilis

4.6. *HOMO ERGASTER*

Es un homínido extinto propio de África. Se estima que vivió entre 1,9 y 1,4 millones de años. Sus primeros restos fueron encontrados en 1975, en Koobi Fora (Kenia); se trata de, al menos, dos cráneos de hace 1,75 millones de años, cuyo cerebro tenía un tamaño estimado en unos 850 cm^3. En 1984 fue descubierto en Nariokotome, cerca al lago Turkana (Kenia), el esqueleto completo de un individuo de unos 12 años, 1,60 m de estatura y cerebro de 880 cm^3, con una antigüedad de 1,6 millones de años; se le conoce como el niño de Nariokotome.

Homo ergaster

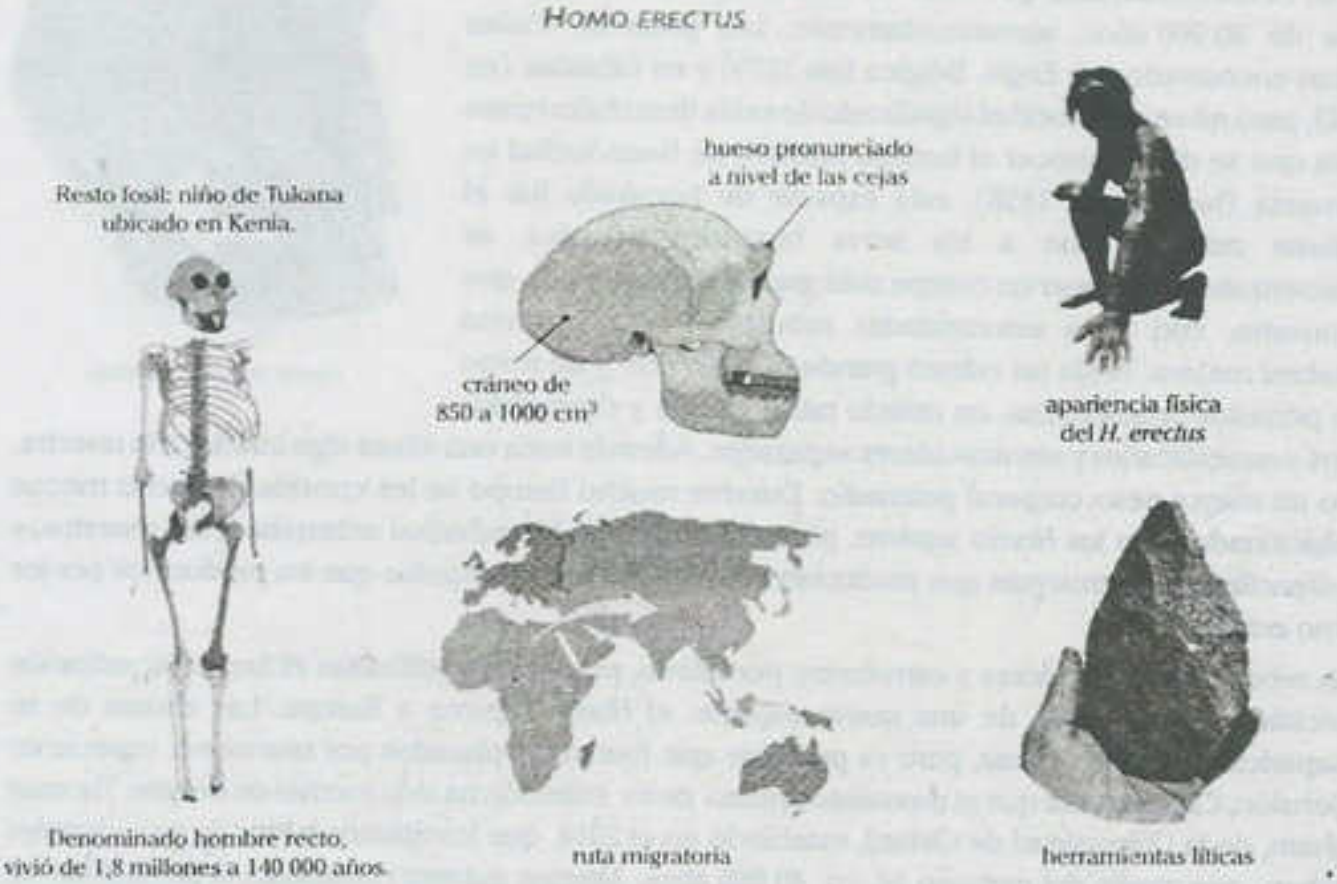
El *Homo ergaster* procede, probablemente, del *Homo habilis* y es descrito por algunos autores como el antecesor africano de *Homo erectus*. Algunos especialistas consideran que pueden haber sido una especie única, debido a su gran parecido anatómico, en cuyo caso tendría prioridad su denominación como *Homo erectus*, pero parece asentarse la aceptación de dos especies diferentes. Esta especie desarrolló la caza y consumo de la carne.

4.7. HOMO ERECTUS

Es una especie fósil distribuida por todo el Viejo Mundo, vivió de 1,5 millones de años a 100 000 años. En general, su capacidad craneal fue de 900 a 1000 cm^3, dominó una industria lítica sofisticada, realizó grandes migraciones y entre los restos más conocidos podemos citar al hombre de Java (600 000 años), el hombre de Pekín (300 000 años) y el hombre de Heidelberg (200 000 años).

Homo erectus

Estos homínidos tallaron piedras, fabricaron hachas y otros utensilios. Fueron cazadores expertos, lo que les permitió una dieta carnívora, además dominaron el fuego. Se especula que inició la transición de los lenguajes naturales inarticulados basados en voces y gritos a los lenguajes simbólicos y articulados. Este paso se debió producir por la acumulación cuantitativa de las nuevas necesidades culturales; por ejemplo, la planificación de una actividad tan compleja como la caza organizada.



4.8. *HOMO ANTECESOR*

Homo antecesor

Es una especie extinta perteneciente al género *Homo*, considerada la especie homínida más antigua de Europa y probable ancestro de la línea *H. heidelbergensis* y *H. neanderthalensis*. Vivió hace unos 900 000 años. Eran individuos altos, fuertes, con rostro de rasgos arcaicos y cerebro de 1000 cm^3, y con menos circunvoluciones cerebrales. Existe un intenso debate entre arqueólogos y antropólogos en torno a la clasificación taxonómica del *Homo antecesor* y las relaciones de este con el resto de especies del género *Homo*, debido a la falta de un cráneo adulto completo y que la mayoría de los especímenes conocidos de *Homo antecesor* representan etapas juveniles. Sus descubridores, junto con el respaldo de otros expertos, lo consideran como una especie diferente, y sugieren que fue un vínculo evolutivo entre el *H. ergaster* y el *H. heidelbergensis*, por lo tanto es también antepasado del *Homo neanderthalensis*, siendo a su vez el último ancestro común entre los humanos modernos y los neandertales.

4.9. *HOMO NEANDERTHALENSIS*

Homo neanderthalensis

Los *Homo erectus* que llegaron a Europa parece ser que dieron origen a otras especies de homínidos más avanzados como el *Homo neanderthalensis* que vivió en este continente de 120 000 años de 30 000 años, aproximadamente. Los primeros fósiles fueron encontrados en Engis, Bélgica (en 1829) y en Gibraltar (en 1848), pero no se reconoció el significado de estos descubrimientos hasta que se dio a conocer el famoso hombre de Neanderthal en Alemania (hallado en 1856), esta especie de homínido fue el pariente más cercano a los seres humanos actuales, se caracterizaba por poseer un cuerpo más grande y más pesado que el nuestro, con unas extremidades robustas y una columna vertebral masiva. Tenía un cráneo grande de 1450 cm^3 y un rostro con pómulos prominentes, un orificio nasal grande y destacados arcos supraorbitarios y semicirculares separados. Además tenía una altura algo inferior a la nuestra, pero un mayor peso corporal promedio. Durante mucho tiempo se les consideró mucho menos evolucionados que los *Homo sapiens*, pero el hombre de Neanderthal enterraba a sus muertos, y los útencilios y herramientas que producían eran mucho más avanzados que los producidos por los *Homo erectus*.

Eran recolectores, cazadores y carroñeros; por ultimo, producían y utilizaban el fuego. Su extinción coincidió con la llegada de una nueva especie: el *Homo sapiens* a Europa. Las causas de su desaparición no están claras, pero es probable que fueran desplazados por una nueva especie en expansión. Cabe resaltar que el momento preciso de su extinción ha sido motivo de debate. Thomas Higham, de la Universidad de Oxford, estableció en el 2014 que los últimos restos de neandertales databan, por medio del carbono 14, en 40 000 años. Algunos autores consideran la posibilidad de que el *Homo neanderthalensis* se cruzara con el *Homo sapiens*.

4.10. *HOMO SAPIENS*

Homo sapiens

Aunque no existe un acuerdo total entre los científicos sobre el lugar en que surgió nuestra especie, una de las hipótesis con mayor aceptación es que el *Homo sapiens* se originó en África hace 150 000 años, a partir de poblaciones de *Homo erectus* que permanecieron en aquel continente. Desde allí, los primitivos *Homo sapiens* se dispersaron hacia Europa, Asia, América y Oceanía. Las poblaciones que se establecieron en Europa, hace unos 35 000 años, estaban formadas por individuos, denominados hombres de Cromañón, prácticamente idénticos a los hombres actuales.

Construían tumbas funerarias, y realizaban pinturas y grabados en las piedras. Tenían una cultura muy desarrollada, fabricaban armas y herramientas complejas, y desarrollaron el arte: tallado de piedra como la Venus de Willendorf con una antigüedad de 25 000 años, y pintura en las paredes de las cuevas como las de Chauvet, Francia, con una antigüedad aproximada de 30 000 años.

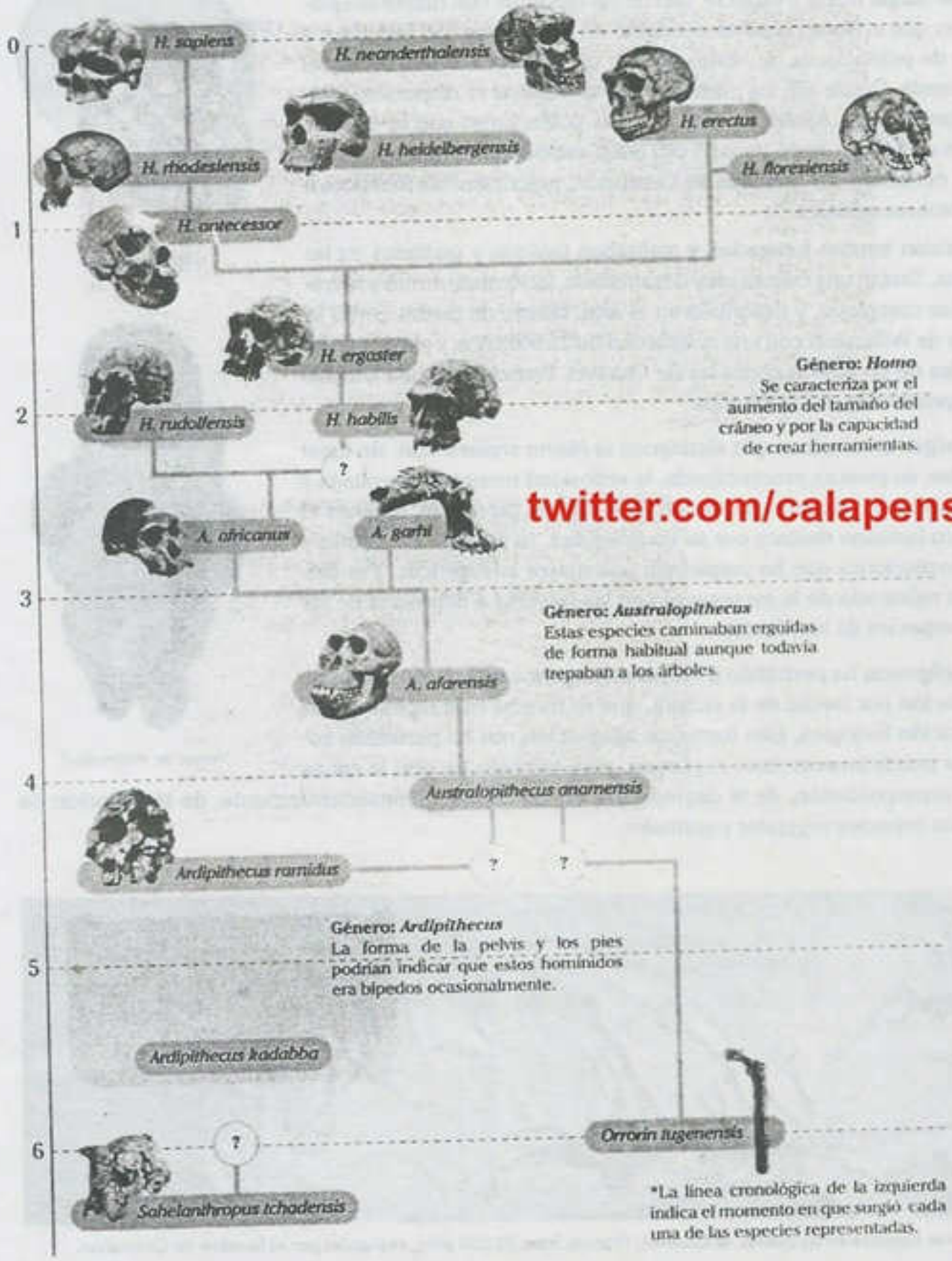
Venus de Willendorf

Los rasgos anatómicos que distinguen al *Homo sapiens* son, sin lugar a dudas, su postura erecta bípeda, la vellosidad menos desarrollada y el gran tamaño de su cerebro con 1350 cm^3 en promedio, además el cerebro humano destaca por su complejidad, su número de cisuras y circunvoluciones que ha propiciado una mayor inteligencia. Por último, la existencia de la menopausia en las mujeres a diferencia de las otras especies de homínidos.

La inteligencia ha permitido a los seres humanos una nueva forma de adaptación por medio de la cultura, que es mucho más rápida que la adaptación biológica. Esta forma de adaptación nos ha permitido colonizar prácticamente todo el planeta, pero también ha sido la causa de la superpoblación, de la degradación del ambiente y, consecuentemente, de la extinción de muchas especies vegetales y animales.

Arte rupestre en las cuevas de Chauvet, Francia, hace 30 000 años, realizadas por el hombre de Cromañon.

Filogenia de los homínidos



twitter.com/calapenshko

*La línea cronológica de la izquierda indica el momento en que surgió cada una de las especies representadas.

Principales homínidos fósiles

	Especie	Antigüedad	Lugar	Descubierto por	Características
Australopithecus	*anamensis*	4 100 000 años	Turkana, Kenia	Alan Walker y Meave Leakey	cráneo: 450 cm^3 altura: 1,30 m postura: bípeda Se quedó en África.
	afarensis (Lucy)	3 200 000 años	Hadar, Etiopía	Donald Johanson	
	africanus (niño de Taung)	2 500 000 a 3 000 000 años	Taung, Sudáfrica	Raymond Dart	
Homo	*habilis*	2 000 000 años	Turkana, Kenia	Richard Leakey	cráneo: 700 cm^3 altura: 1,40 m Se quedó en África. Fabricó herramientas líticas (*pebble culture*).
		1 800 000 años	Olduvay, Tanzania	Louis y Mary Leakey	
	erectus (hombre de Java y hombre de Pekín)	1 600 000 años	Turkana, Kenia	Nouyen Kimea y Richard Leakey	cráneo: 950 cm^3 altura: 1,60 m Salió de África y migró al continente euroasiático. Dominó el fuego.
		600 000 años	Java, Indonesia	Eugéne Dubois	
		300 000 años	Pekín, China	Davison Black y Teilhard de Chardin	
	neanderthalensis (hombre de Neanderthal)	100 000 años	Neanderthal, Alemania	Carl Fuhlrott	cráneo: 1450 cm^3 altura: 1,70 m Enterraban a sus muertos.
	sapiens (hombre de Cromañón)	30 000 años	Dordoña, Francia	Luis Lartet	cráneo: 1350 cm^3 altura: 1,75 m Se originó en África y migró a los demás continentes. Son los humanos actuales.

Hace 1,5 millones de años ya dependíamos de la carne

Una de las dudas antropológicas que los investigadores están tratando de desvelar es ¿cuándo exactamente empezó a cazar el hombre?, ¿cuándo empezamos a ser dependientes del consumo de carne? Un reciente descubrimiento ha confirmado la hipótesis de que hace más de un millón y medio de años, los primeros homínidos de África ya eran cazadores.

En la garganta de Olduvai, en Tanzania, más conocida como "la cuna de la humanidad" se han descubierto restos fósiles de un niño que vivió allí hace un millón y medio de años. Realizando diversas investigaciones, el equipo del Instituto de Evolución en África (IDEA) ha confirmado que tenía problemas óseos relacionados con la anemia. Básicamente, el individuo de menos de dos años presentaba hiperostosis porótica derivada por la falta de consumo de vitaminas B9 y B12, que se incorporan a través de la carne, lo que apoya la teoría de que los ancestros humanos de esa época ya dependían del consumo de carne para sobrevivir.

De hecho, los análisis de los antropólogos han determinado que probablemente murió durante el destete, cuando los niños deben incluir nuevos alimentos a la dieta. La falta de carne provocó, según el artículo publicado en la revista *PLOS ONE*, que la madre no consumiera suficiente carne, lo que repercutió en la calidad de la leche y finalmente en la salud del niño.

Este hallazgo no termina con el eterno debate sobre si los primeros homínidos fueron carroñeros o cazadores, pero aporta un poco de luz al conocimiento de cuándo el hombre comenzó a ser dependiente de la carne. De hecho existen yacimientos de 2,6 millones de años de antigüedad que muestran utensilios de piedra creados por el hombre para cortar carne e incluso marcas en huesos de animales que mostrarían esta habilidad para conseguir estos alimentos.

El hombre y la necesidad del consumo de carne hace 1,5 millones de años.

Adaptado de FLORES, Javier. "Hace 1,5 millones de años ya dependíamos de la carne". En <https://www.muyinteresante.es/>.

Preguntas resueltas

Pregunta 1

El grupo de los monos antropomorfos presentan las extremidades anteriores mayores que las inferiores, tienen marcha cuadrúpeda y, ocasionalmente, bípeda. Sobre el enunciado anterior, ¿qué primate no forma parte de este grupo?

A) gorila B) orangután C) chimpancé
D) galago E) gibón

Resolución

Los monos antropomorfos o simios son los primates más cercanos al humano, considerando el proceso evolutivo lo integran los gibones y orangutanes en Asia, el gorila y el chimpancé en África. El galago es mucho más anterior en la línea evolutiva con el hombre y forma parte del grupo de los prosimios.

Clave D

Pregunta 2

La especie humana es el resultado de un largo proceso evolutivo. El hombre apareció en la Tierra hace 6 o 7 millones de años y en su historia evolutiva se registra la presencia de varias especies de homínidos relacionados con características que lo hicieron humano. Por lo tanto, podemos afirmar que el

A) *Homo habilis* aprendió a dominar el fuego.
B) *Homo erectus* realizó las primeras pinturas rupestres.
C) *Australopithecus afarensis* media 1,70 m en promedio.
D) *Homo neanderthalensis* ya enterraban a sus muertos.
E) *Homo sapiens* es el ancestro inmediato del *Homo habilis*.

Resolución

Los *Homo neanderthalensis* habitaron gran parte de Europa, sin embargo se extinguieron. Eran omnívoros, utilizaron herramientas de piedra (cultura músticnse), llegaron a convivir en un determinado tiempo con los *Homo sapiens*, y ambas especies tuvieron en común el de rendir homenaje a sus difuntos elaborando tumbas sencillas.

Clave D

Pregunta 3

Durante la evolución del hombre, fue determinante su descenso de los arboles hacia las sabanas llenas de pastos altos, ya que así se vio en la necesidad de pasar de cuadrúpedo a bípedo, al ponerse de pie y observar los peligros a los que se podría enfrentar. El bipedismo contribuyó en

I. cambiar la posición de cabeza.
II. generar una mayor irrigación al cerebro.
III. desarrollar el lenguaje articulado.
IV. cambiar la visión de blanco y negro a una visión a colores.

A) I y II B) I y III C) I, II y III
D) I, II y IV E) I, II, III y IV

Resolución

El bipedismo fue fundamental para que ocurran otras características que formaron parte de la hominización como el cambio en la posición de la cabeza que favoreció su crecimiento, las manos libres que podían coger objetos, el desarrollo del lenguaje, y la utilización del fuego en su alimentación y protección. La visión a colores fue antes del bipedismo.

Clave C

Lumbreras Editores

Pregunta 4

El *Homo erectus* es una especie de homínido extinto que surgió en el continente africano hace 1,6 millones de años, y en función a las investigaciones realizadas por los arqueólogos y antropólogos se llegó a varias conclusiones, excepto que

A) utilizaron el fuego en sus diversas actividades diarias.
B) salieron de África y migraron hacia Europa y Asia.
C) presentáron una postura bípeda.
D) crearon herramientas de piedra más sofisticadas.
E) enterraban a sus muertos con rituales religiosos.

Resolución

El *Homo erectus* es considerado el ancestro del *Homo sapiens*, por lo tanto, adquirió algunas características como el dominio del fuego, el nomadismo, la ausencia de vellosidad corporal y el desarrollo de glándulas sudoríparas para regular la temperatura corporal. Sin embargo, los *Homo erectus* no realizaron los rituales religiosos para enterrar a sus muertos.

Clave E

Pregunta 5

En 1984, fue descubierto por el experto buscador Kamoya Kimeu, miembro del equipo de paleontólogos de Richard Leakey, en Nariokotome, cerca al lago Turkana, Kenia, el esqueleto completo de un individuo de unos 12 años, de 1,60 m de estatura y cerebro de 880 cm^3, con una antigüedad de 1,8 millones de años y se le conoce como el niño de Nariokotome. ¿A qué especie de homínido pertenece el esqueleto de este niño?

A) *Homo sapiens*
B) *Homo erectus*
C) *Homo ergaster*
D) *Homo habilis*
E) *Australopithecus afarensis*

Resolución

El homínido *Homo ergaster* apareció hace unos 1,8 millones de años y desapareció hace 1,5 millones de años. Las zonas de distribución geográfica del *Homo ergaster* se encuentran en Etiopía, Kenia, Tanzania y Eritrea. Una evidencia de su existencia fue el esqueleto conservado de un niño denominado el niño del Turkana o Nariokotome.

Clave C

Pregunta 6

El hombre de Pekín fue descubierto en 1923 por Davison Black en una cueva próxima a la aldea de Zhoukoudian, cerca de Pekín, China, y tiene una antigüedad aproximada de 300 000 años. Según los científicos, perteneció a la especie

A) *Homo erectus*.
B) *Homo habilis*.
C) *Homo habilis*.
D) *Australopithecus afarensis*.
E) *Sahelanthropus tchadensis*.

Resolución

El *Homo erectus* fue una especie de homínido que vivió de 1,5 millones a 100 000 años, y realizó rutas migratorias desde África hasta continente asiático, por eso es que se han registrado sus restos fósiles en China: el hombre de Pekín y en Sumatra: el hombre de Java.

Clave A

Pregunta 7

El origen y la evolución del hombre, considerando la escala temporal geológica, se realizó en el periodo ..... y en la era .....

A) cuaternario - mesozoica.
B) terciario - mesozoica.
C) cuaternario - cenozoica.
D) terciario - cenozoica.
E) secundario - mesozoica.

Resolución

El período cuaternario se inició hace 2,59 millones de años y llega hasta la actualidad, es una división de la escala temporal geológica que pertenece a la era cenozoica y fue durante este periodo que apareció, en África, el homínido denominado *Homo sapiens*. A su vez se extinguieron grandes especies, tanto vegetales como animales, y fueron las aves y los mamíferos (vertebrados) que dominaron la Tierra. En síntesis hubo un gran predominio de los mamíferos y una gran expansión del ser humano.

Clave C

Pregunta 8

El hombre de Cromañón es el nombre con el cual se suele designar al tipo de homínido correspondiente a ciertos fósiles de *Homo sapiens*, en especial los asociados a las cuevas de Europa, donde se encontraron pinturas rupestres. Según las investigaciones de la Universidad de Cambridge, Inglaterra, el origen del *H. sapiens* fue en el continente ..... hace 200 000 años.

A) asiático
B) europeo
C) americano
D) africano
E) oceánico

Resolución

El modelo del arca de Noé o fuera de África propone que un pequeño grupo, ya diferenciado como *Homo sapiens* migró hacia Europa desde África de 150 000 a 200 000 años atrás. A partir de esta migración, colonizó el planeta y reemplazó a otras poblaciones de homínidos. Los datos provenientes del análisis de los genes mitocondriales parecen sustentar esta hipótesis.

Clave D

Pregunta 9

Desplazarse sobre dos patas puso en el camino de la evolución a la especie humana. Sin embargo, muchos científicos coinciden en afirmar que el dominio y manejo del fuego, sin menospreciar al bipedismo, fueron el salto tecnológico que ha permitido evolucionar hasta convertirse en *Homo sapiens*, pero, ¿quién fue el primer homínido en dominar el fuego?

A) *Homo erectus*
B) *Homo habilis*
C) *Homo sapiens*
D) *Australopithecus afarensis*
E) *Australopithecus africanus*

Resolución

El fuego es, sin duda, el hallazgo más importante en la historia de la humanidad. Esto le otorgó a nuestros ancestros la posibilidad de calentarse en las noches, de adentrarse más en las cuevas, de ahuyentar depredadores y sobre todo, de obtener más rendimiento energético al cocinar los alimentos. Sin embargo, no fue el *Homo sapiens* quien domesticó el fuego, sino que lo heredó de sus antepasados, los *Homo erectus*.

Clave A

Lumbreras Editores

Preguntas propuestas

1. Los homínidos son un grupo de especies que en su mayoría se encuentran extintos, aparecieron en África hace 6 millones de años y están integrados principalmente por el género *Australopithecus* y *Homo*. La única especie sobreviviente, en la actualidad, es el *Homo sapiens*, es decir la especie humana. ¿Cuáles son las características que los hacen ser homínidos?

   I. postura bípeda
   II. progresivo desarrollo del cerebro
   III. lactancia de las crías
   IV. desarrollo funcional de las manos

   A) I, II y IV
   B) II, III y IV
   C) I, III y IV
   D) I y IV
   E) I, II, III y IV

2. En 1924, Raymond A. Dart descubrió en Sudáfrica el cráneo de un homínido que vivió en África hace 3 millones de años; tenía características humanoides que lo distinguían de los simios antropomorfos modernos y de sus antecesores. Dart lo bautizó con el nombre de

   A) Orrorin.
   B) Toumaï.
   C) hombre de Olduvai.
   D) Lucy.
   E) niño de Taung.

3. Es un homínido extinto, quien vivió en África hace 1,8 millones de años y que junto a sus restos óseos fósiles fueron hallados herramientas de piedras, probablemente, para descuartizar y extraer carne de sus presas. Determine el homínido al que hace referencia la definición anterior.

   A) *Homo sapiens*
   B) *Homo erectus*
   C) *Homo habilis*
   D) *Australopithecus afarensis*
   E) *Australopithecus africanus*

4. En 1891, Eugenè Dubois descubrió, en la isla de Java (Indonesia), restos fósiles de un homínido al que denominó *Pithecanthropus erectus*, que significa 'hombre-mono erguido', antepasado del hombre. Indique a qué especie pertenece.

   A) *Homo sapiens*
   B) *Homo erectus*
   C) *Homo habilis*
   D) *Australopithecus afarensis*
   E) *Australopithecus africanus*

5. Friedrich Engels, en su obra *El papel del trabajo en la transformación del mono a hombre*, afirmó que el bipedismo liberó las manos de la locomoción y al tenerlas libres se desarrolló el trabajo como actividad, lo cual le permitió

   I. fabricar diferentes tipos de herramientas.
   II. reproducirse con varias hembras.
   III. comunicarse mediante sonidos.
   IV. transformar la naturaleza de su entorno.

   A) solo I B) I y III C) I y IV
   D) I, II y IV E) I, II, III y IV

6. El descubrimiento del fuego permitió que el hombre primitivo

   A) tenga una vida sedentaria.
   B) fabrique el arco y la flecha.
   C) se refugie en las copas de los árboles.
   D) consuma la carne cocida.
   E) abandone los árboles y se vuelva nómada.

Lumbreras Editores

Lea el siguiente texto, y a continuación responda las preguntas 7 y 8.

Según Engels, el desarrollo del lenguaje fue una necesidad para poder comunicarse y transmitir sus experiencias producto del trabajo. Pero esto solo fue posible gracias al bipedismo, ya que generó cambios en la posición de la cabeza y el aparato fonador. Las cuerdas vocales del aparato fonador descendieron y favorecieron así, la emisión de sonidos articulados o palabras que se asociaron a un sistema de tipo lingüístico-social.

7. El descenso de las cuerdas vocales, de una posición superior a una inferior en el aparato fonador, permitió que

A) se pueda comer y hablar a la vez.
B) se desarrolle sonidos no articulados.
C) se pueda pronunciar palabras.
D) el cerebro aumente su volumen.
E) se pueda respirar y comer a la vez.

8. En el pasado, la comunicación se realizó mediante señas y sonidos. Cuando los sonidos emitidos se relacionaban con experiencias vividas en el trabajo, surge

A) el bipedismo.
B) el lenguaje.
C) la laringe.
D) el hueso hioides.
E) las cuerdas vocales.

9. Las poblaciones que se establecieron en Europa, hace unos 35 000 años, estaban formadas por individuos denominados hombres de Cromañón, quienes eran prácticamente idénticos a los hombres actuales, y desarrollaron actividades socioculturales como

I. entierros a sus muertos con actos mágicos y religiosos.
II. armas y herramientas complejas.
III. pinturas rupestres en las cuevas o cavernas.
IV. el arte de piedra como la Venus de Willendorf.

A) solo I B) I y II C) I, II y III
D) II, III y IV E) I, II, III y IV

10. Relacione las columnas respecto a los principales homínidos y sus principales características.

I. *Homo sapiens*
II. *Homo erectus*
III. *Homo habilis*
IV. *Australopithecus afarensis*

a. arte rupestre y esculturas de piedra
b. herramientas rudimentarias de piedra
c. primeros en dominar el fuego
d. más antiguos con postura bípeda

A) Ia, IIb, IIIc, IVd
B) Ia, IIc, IIIb, IVd
C) Ia, IIc, IIId, IVb
D) Ia, IId, IIIb, IVc
E) Id, IIa, IIIc, IVb

11. En 1974, el espécimen encontrado por Donald Johanson, en Etiopía, fue mundialmente conocido como Lucy. Este descubrimiento destacó sobre los demás por muchas cualidades, especialmente, por ser el mejor ..... conservado. Así, fue posible comprobar la capacidad de ..... como los humanos actuales.

A) *Homo* - dominar el fuego
B) *Homo* - realizar pinturas en cavernas
C) *Australopithecus* - caminar erguido
D) *Australopithecus* - comer carne
E) *Ardipithecus* - cazar animales

Lumbreras Editores

12. Lucy, así como sus congéneres, los *Australopithecus afarensis*, ya tenían la capacidad de caminar erguidos sobre sus dos extremidades inferiores. No obstante, los *A. afarensis* no fueron los pioneros en el bipedismo. ¿A qué especie le corresponde este hito?

A) *Ardipithecus ramidus*
B) *Australopithecus africanus*
C) *Homo erectus*
D) *Homo habilis*
E) *Homo antecesor*

13. El término humano se refiere a organismos animales bípedos con un gran desarrollo intelectual e inteligencia superior a diferencia de las demás especies. Determine a qué género pertenece la especie humana.

A) catarrino
B) platirrino
C) *hominidae*
D) *Homo*
E) primate

14. Los monos antropoides son los primates, morfológicamente, más cercanos al hombre y están agrupados en las familias *Hylobatidae* y *Pongidae*. ¿Qué monos pertenecen a la familia de los póngidos?

A) gorila y chimpancé
B) bonobo y orangután
C) macaco y mono aullador
D) galagos y lémures
E) gibones y társidos

15. Los miembros más antiguos del género *Homo* vivieron en África hace 2 millones de años y según las investigaciones de la Universidad de Cambridge se extinguieron en este mismo continente. De acuerdo a la información anterior, ¿quiénes fueron estas especies?

I. *Homo habilis*
II. *Homo rudolfensis*
III. *Australopithecus afarensis*
IV. *Homo neanderthalensis*

A) I y III B) II y IV C) I y II
D) I, II y III E) I y IV

16. Con respecto a la hominización del hombre marque la relación incorrecta.

A) *Homo sapiens* - arte rupestre
B) *Homo erectus* - salida de África
C) *Homo habilis* - herramientas líticas
D) *Homo neanderthalensis* - entierros
E) *Homo ergaster* - ancestro del género *Australopithecus*

17. Es una especie de homínido extinto cuyos fósiles fueron hallados en el desierto del Djurab (Chad) el 19 de junio de 2001. Se descubrió varias piezas óseas, pero resaltó un cráneo completo denominado el hombre de Toumaï. Este homínido perteneció a la especie ..... y registró una antigüedad de 6 a 7 millones de años.

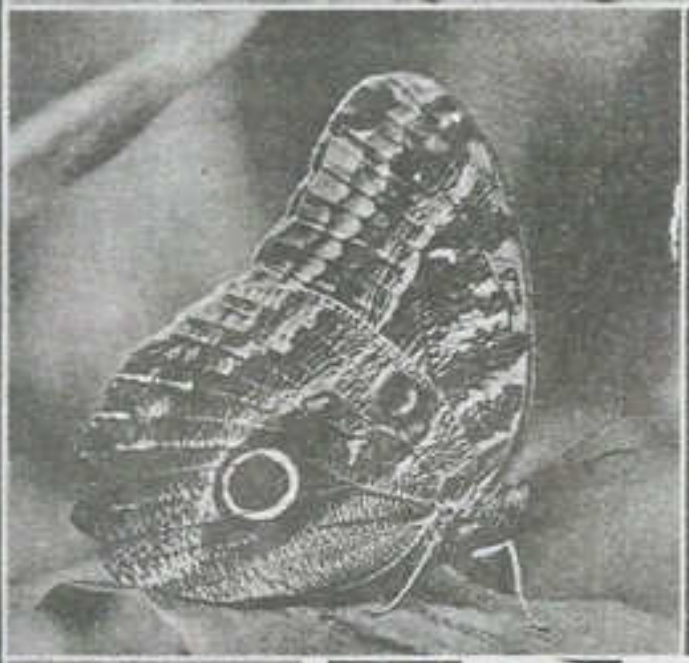
A) *Australopithecus africanus*
B) *Australopithecus afarensis*
C) *Ardipithecus ramidus*
D) *Sahelanthropus tchadensis*
E) *Orrorin tugenensis*

18. Indique la especie homínida extinta, conocida como Hobbit, de apenas un metro de estatura y 25 kg de peso, y que fue descubierta en la isla de Flores, Indonesia.

A) *Homo sapiens*
B) *Homo ergaster*
C) *Homo floresiensis*
D) *Australopithecus africanus*
E) *Australopithecus afarensis*

Unidad

VI



Taxonomía

Johnny Rodolfo Cáceres Rojas

CALEPINO

CAPÍTULO XX

CONCEPTOS BÁSICOS DE TAXONOMÍA

Objetivos

- Diferenciar la sistemática de la taxonomía en los criterios de clasificación de los seres vivos.
- Identificar las categorías taxonómicas y las reglas de la escritura del nombre científico de cada especie.
- Reconocer cómo se agrupan las especies considerando la filogenia en el sistema de clasificación.

Introducción

La biodiversidad corresponde al número de especies que habitan las diversas zonas de vida de la Tierra. Las plantas y animales que se conocen representan una pequeñísima parte de la extraordinaria variedad de seres vivos que existen sobre la Tierra. Se han logrado describir e identificar alrededor de 1,8 millones de especies en todo el mundo, pero se cree que el número total puede ser entre 4 y 50 millones.

Para poder estudiar a tantas especies, los biólogos las han clasificado en función a las características que comparten, por ello han existido muchas clasificaciones de los seres vivos a lo largo de la historia. Cada una de ellas respondió a las necesidades y conocimientos de la época en que se llevó a cabo, pero siempre se ha buscado que la clasificación cumpla con dos requisitos: primero, que considere a todas las especies conocidas hasta ese momento y, segundo, que ninguna especie se pueda agrupar en dos categorías diferentes. Es fácil imaginar que la tarea no ha sido sencilla ya que, continuamente, se descubren nuevos organismos.

Dada esta abundancia de especies, su estudio individual resulta una labor titánica; por tal razón, y para facilitar y avanzar en el conocimiento de los seres vivos, los taxónomos y sistemáticos los han ordenado considerando la teoría científica, es decir, bajo un sistema de clasificación que incluye reglas, nomenclaturas, normas y el principio universal de la evolución.

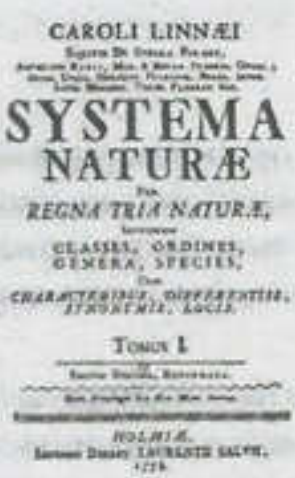
Es evidente que para elaborar el estudio de la clasificación de los seres vivos es necesario, primero, designar a cada especie con un nombre científico aceptado, universalmente, en todos los idiomas. Posteriormente, para facilitar la comprensión, les deberá ordenar de manera lógica en taxones o categorías taxonómicas. De esta manera, tenemos nuevas ramas de la biología: la taxonomía y la sistemática.

1▸ Breve historia sobre los criterios de clasificación de los seres vivos

Aristóteles (384-322 a.n.e.)

Las primeras clasificaciones que se conocen se hicieron agrupando los diferentes seres vivos en categorías artificiales, según criterios más o menos arbitrarios, establecidos por los naturalistas de la época. Así, Aristóteles clasificó a los seres vivos en dos grandes grupos: el reino vegetal y el reino animal, y creó diferentes categorías internas. Por ejemplo, agrupó a los animales en dos grandes categorías, los animales sin sangre y los animales con sangre, que equivaldrían, en la actualidad, a los invertebrados y vertebrados, respectivamente. Teofrasto (372-287 a.n.e.), por su parte, clasificó los vegetales en árboles, arbustos y hierbas. Aunque Aristóteles no utilizó criterios científicos, su clasificación de los seres vivos estuvo vigente durante mucho tiempo. Los grandes viajes y exploraciones del siglo XVIII aportaron nuevos descubrimientos de animales y vegetales, lo que hizo surgir nuevos sistemas de clasificación basados en la comparación anatómica y fisiológica entre organismos.

CARLOS LINNEO



CAROLI LINNÆI

SYSTEMA NATURÆ

REGNA TRIA NATURÆ,

CLASSES, ORDINES, GENERA, SPECIES,

Tomus I

El comienzo de las clasificaciones modernas se debe a Carlos Linneo (1707-1778), naturalista sueco, quien a mediados del siglo XVIII estableció las bases de la actual taxonomía y nomenclatura en su obra *Systema naturae* (1735). En esta, propuso un sistema de clasificación en los animales, plantas y minerales. Luego, en su obra *Species plantarum* (1753) estableció el sistema binomial de nomenclatura. Linneo clasificó a los seres vivos ordenándolos en grupos de tamaño creciente, dispuestos de manera jerárquica en niveles, de modo que cada grupo de un nivel determinado abarca uno o varios grupos del nivel inferior. El método ideado por Linneo es utilizado, actualmente, con algunas modificaciones, cabe resaltar que cada uno de los niveles jerárquicos de la clasificación se conoce como categoría taxonómica.

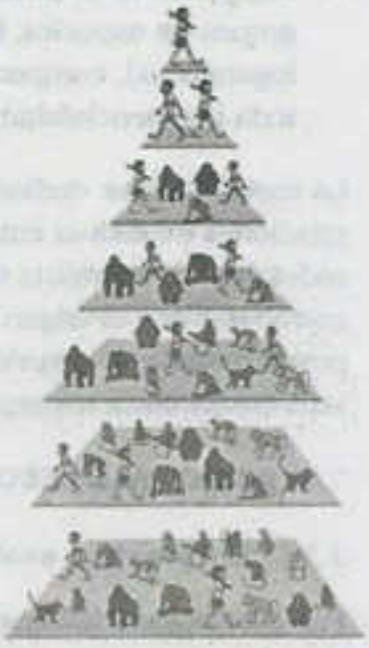
Algún tiempo después, a fines del siglo pasado, el naturalista francés Lamarck logró que la ciencia avance un paso más: instituyó la gran división de los animales vertebrados e invertebrados. Los vertebrados son todos los animales provistos de un esqueleto interno cuyo eje está formado por la columna vertebral y los invertebrados son todos los que carecen de dicho esqueleto.

Poco tiempo después de que Lamarck estableciera esta gran división, Cuvier clasificó a los vertebrados en cuatro grandes clases: los mamíferos, los pájaros, los reptiles y los peces.

Después de la publicación de la obra de Darwin, *El origen de las especies por selección natural* (1859), se adquirió conciencia sobre el proceso de la evolución biológica y de la relación natural que existe entre unas y otras especies. Por este motivo, en la actualidad, la taxonomía está asociada a la evolución, generando una disciplina denominada la sistemática.

2▸ Taxonomía

El hombre siempre ha buscado una mejor forma de agrupar a los seres vivos para entender la naturaleza. Una herramienta importante, que se sigue utilizando, es la clasificación que agrupa a los organismos en base a características similares. Los primeros sistemas de clasificación tenían un propósito más simple, como el de agrupar a los seres vivos según su utilidad, tamaño o ubicación.



Linneo agrupó al hombre en el orden primate.

Con el paso del tiempo, se fue desarrollando un sistema de clasificación con principios, métodos y reglas que permitieron la formación de la taxonomía científica (del griego *taxis*, 'orden o arreglo' y *nomos*, 'leyes'). Esta se define como una rama de la biología encargada de agrupar y atribuir nombres científicos a los organismos.

Fue el naturalista sueco Carlos Linneo quien sentó las bases de la clasificación de los seres vivos que hoy se utiliza. Ordenó cada organismo en categorías taxonómicas que van de lo general hacia lo particular: reino, clase, orden, familia, género y especie. También decidió asignar a cada especie un nombre único a partir de un sistema universal, denominado nomenclatura binomial o nombre científico. Debido a sus aportes en el sistema de clasificación de los seres vivos, Linneo es considerado el padre de la taxonomía.

▸▸ Nota

¿Qué permite la taxonomía?

- Identificación: reconocer a los seres vivos que existen en la naturaleza.
- Clasificación: agrupar a los organismos que comparten características similares en categorías taxonómicas o taxones.
- Nomenclatura: uso de reglas para asignar un nombre científico a las especies de seres vivos.

3▸ Sistemática

La biología sistemática o solo sistemática es la rama de la biología que permite la clasificación de las especies de seres vivos; aborda el estudio comparativo de especies vivientes y fósiles, incluidas su descripción, distribución y relaciones evolutivas o filogenéticas a través del tiempo. Por esto, es una ciencia con un campo de acción muy grande. Persigue objetivos muy concretos que pueden resumirse en los siguientes: describir la diversidad biológica, encontrar el orden que subyace a la diversidad, comprender los procesos que son responsables de la generación de esa diversidad y presentar un sistema general de referencia sobre la diversidad. Utiliza las siguientes disciplinas:

- **Taxonomía.** Es la disciplina que descubre, describe y clasifica especies o grupos de especies. La clasificación taxonómica comprende el ordenamiento científico formal de las especies en un sistema jerárquico, así como, la aplicación de nombres científicos a las especies y grupos de ellas.

- **Filogenia.** Es la disciplina científica que aborda el análisis de relaciones evolucionarias entre grupos de especies. La filogenia al interpretar las relaciones entre las especies (relaciones filogenéticas), compone patrones evolutivos y contribuye a reconstruir la historia de la vida con toda la potencialidad predictiva.

La sistemática se dedica a desarrollar formas de clasificación de la biodiversidad utilizando las relaciones evolutivas entre las diferentes especies. Esto ha sido fortalecido por los estudios realizados por el naturalista Charles Darwin y de otros biólogos. Además, la sistemática ha permitido corroborar que el origen de las diversas especies fue a partir de un ancestro común, debido a un proceso evolutivo ocurrido a lo largo de miles de millones de años. De esta manera se descarta la tesis creacionista sostenida por las tradiciones religiosas.

3.1. PRINCIPALES ESCUELAS SISTEMÁTICAS

3.1.1. Sistemática evolutiva

Fue desarrollada inicialmente por J. Huxley en 1940, G. Simpson en 1961 y E. Mayr en 1969, quienes plantearon, por primera vez, la manera de reconstruir la filogenia y representarla en forma de clasificaciones. Esta escuela proviene directamente de la herencia darwiniana y utiliza cuatro criterios principales: las diferencias morfológicas, el nicho adaptativo, la diversidad en especies y la presencia de un antepasado común o monofilia. Además de la filogenia, los evolucionistas se valen de los grados de evolución y la radiación adaptativa. Sin embargo, esta escuela no tiene un método con el cual se puedan contrastar las hipótesis filogenéticas diferentes.

Julian Huxley

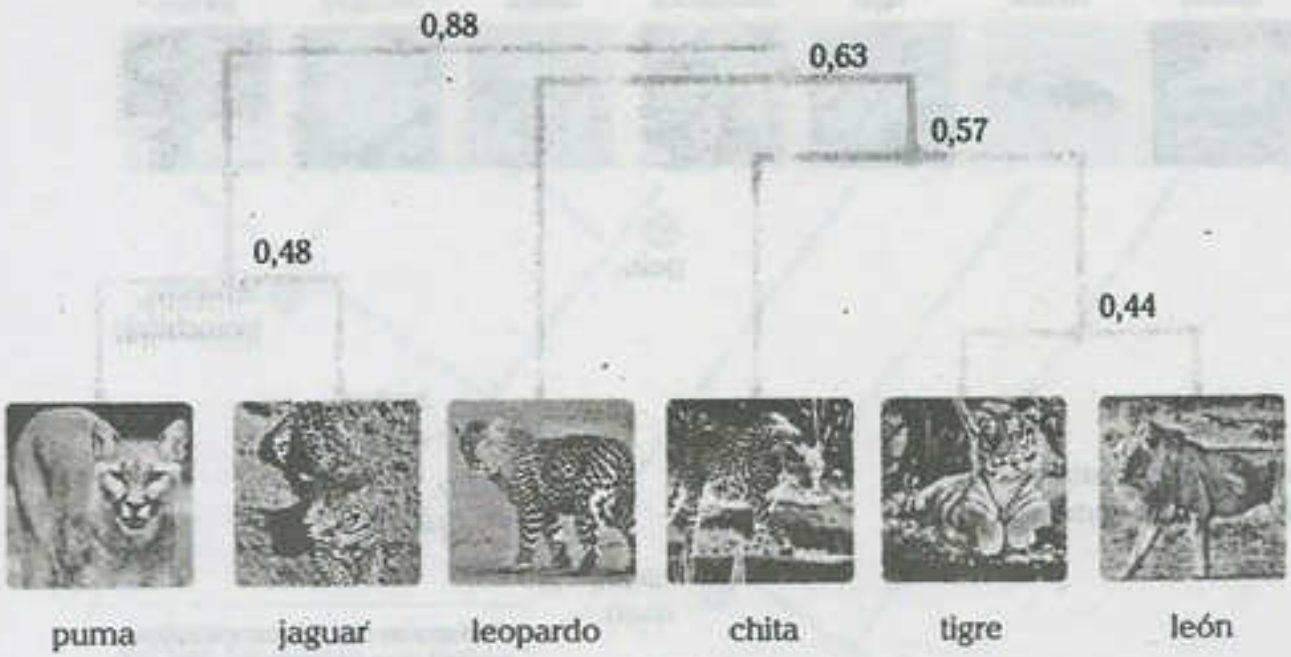
George Simpson

Ernst Mayr

3.1.2. Taxonomía fenética

Surgió como una respuesta a la falta de métodos robustos de la escuela evolutiva y fue desarrollada por R. Sokal y P. Sneath en 1963, quienes consideraron que la filogenia no puede conocerse de manera objetiva; por lo tanto, su finalidad no es la de reconstruir filogenias sino la de establecer clasificaciones estables. Proponen que las clasificaciones deben hacerse tomando en cuenta la mayor cantidad de caracteres que sea posible medir, contar y observar en los organismos, analizándolos con técnicas numéricas que permiten establecer clasificaciones basadas en fenogramas, estos últimos armados según el grado de similitud. La escuela fenética o numérica toma el máximo número de caracteres disponibles sin preguntarse por su significado evolutivo, afirmando que no hay forma de decidir si un carácter es una homología o por el contrario, una analogía.

FENOGRAMA DE LOS FELINOS



Según el fenograma, el león y el tigre son más cercanos entre sí que el león y el puma.

3.1.3. Sistematica cladista

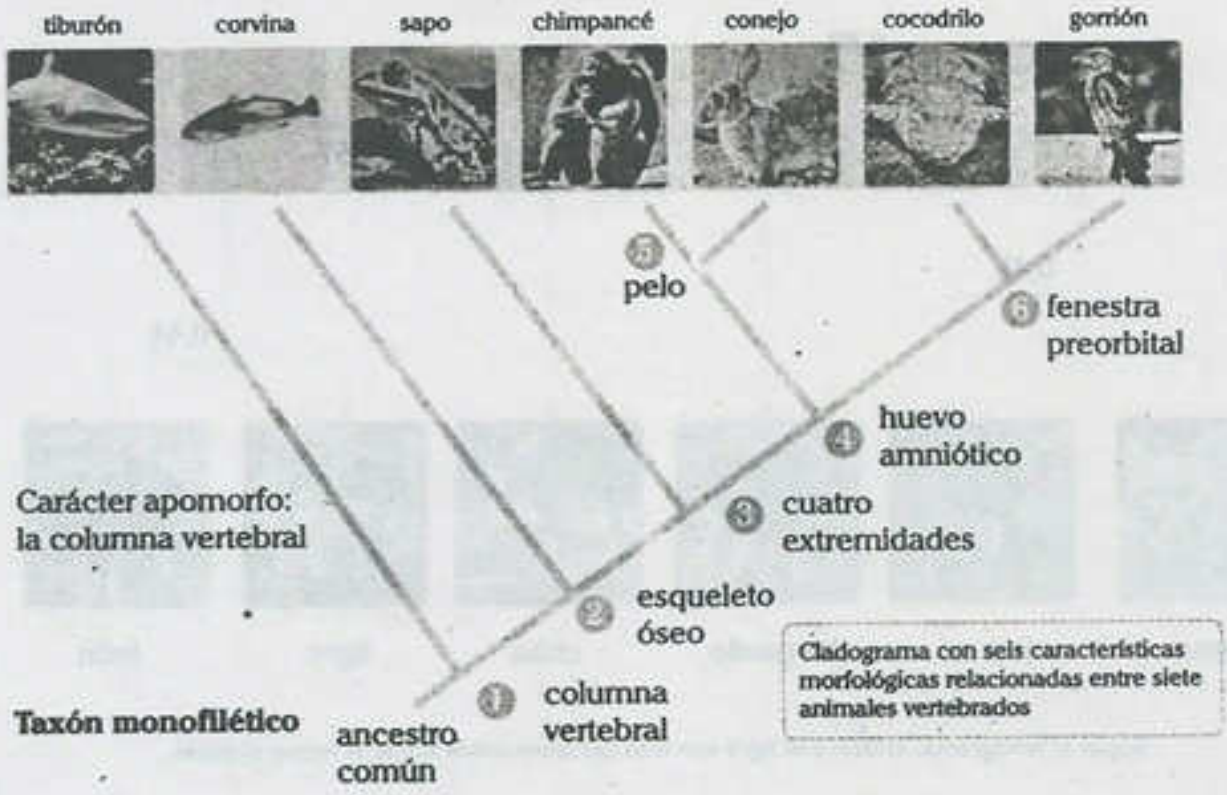
La sistemática filogenética o cladista es el paradigma actual de la taxonomía, fue propuesta por el entomólogo alemán Willi Hennig en 1950. Consideró que una clasificación natural es aquella basada en las relaciones evolutivas de los organismos, comúnmente, expresadas en un cladograma. La sistemática filogenética se ha convertido en el método más utilizado por los sistemáticos de todo el mundo para la reconstrucción filogenética de grupos biológicos. Actualmente, es el método clasificatorio más fuerte y ha empezado a permear en otras disciplinas de la biología tales como la biogeografía, ecología, evolución, etología y conservación biológica. Debido a lo anterior, es pertinente realizar un recuento de cómo es que el método se conoció y atravesó al mundo entero. Los cladistas consideran, generalmente, un taxón monofilético en la agrupación que comprende la especie ancestral (antepasado común) de este grupo y a todos sus descendientes.

Willi Henning (1913-1976)

El criterio de reconocimiento de un grupo monofilético es la identificación de al menos un carácter común (apomorfo) compartido por todos los miembros del grupo y heredado de su especie ancestral.

El cladística actual utiliza el análisis filogenético y el principio de parsimonia (la explicación más sencilla entre dos hipótesis evolutivas es la que se debe considerar) para elaborar un cladograma.

CLADOGRAMA DE LOS VERTEBRADOS



4▸ CRITERIOS UTILIZADOS EN LA CLASIFICACIÓN

4.1. FILOGENIA

Es la historia de la vida que comenzó hace 3800 millones de años, desde el primer ser vivo en la Tierra hasta la diversidad de especies que existen en la actualidad. Se define también como la historia evolutiva de las especies a partir de un antepasado común. Permite conocer las relaciones evolutivas entre las diferentes especies y sirve como criterio a seguir en la clasificación natural de los seres vivos.

La necesidad por descubrir la historia evolutiva de los organismos se inició con la publicación de la obra de Charles Darwin, *El origen de las especies por selección natural*. Por lo tanto, la incorporación de las teorías evolutivas en los sistemas de clasificación de los seres vivos ha permitido el nacimiento de la filogenia.

El estudio de las relaciones evolutivas entre los diferentes grupos de organismos se desarrolla a partir de las características semejantes entre organismos de cada taxón, por lo tanto, utiliza la morfología en su estudio comparativo. Sin embargo, en la actualidad, también se utilizan las matrices de información del ADN de cada especie; con estas informaciones de la morfología y del ADN se establecen los árboles filogenéticos (dendogramas), base de la clasificación filogenética. Esta clasificación forma parte de la sistemática.

Los árboles filogenéticos se construyen tomando en cuenta la evolución biológica, basándose en la evidencia de que todos los organismos son descendientes de un ancestro común. Así, todos los organismos, ya sean vivos o extintos se encuentran emparentados en algún grado. En ocasiones se denomina árbol de la vida al árbol filogenético que engloba a todos los seres vivos, pasados y presentes.

En la construcción de los árboles filogenéticos se reconocen tres tipos de agrupamientos evolutivos o taxones: monofilético, parafilético y polifilético.

4.1.1. Taxón monofilético

Incluye a la especie antecesora y a todos sus descendientes a partir de ella. Por ejemplo, los mamíferos forman un taxón monofilético porque todos han surgido de un antecesor común y todos los descendientes de este antecesor son denominados mamíferos. Por lo tanto, los taxones monofiléticos son taxones naturales porque representan verdaderas relaciones evolutivas e incluyen a todos los parientes cercanos. Esta forma de agrupamiento es la más utilizada por los científicos evolutivos en el desarrollo de árboles filogenéticos de especies actuales y fósiles.

4.1.2. Taxón parafilético

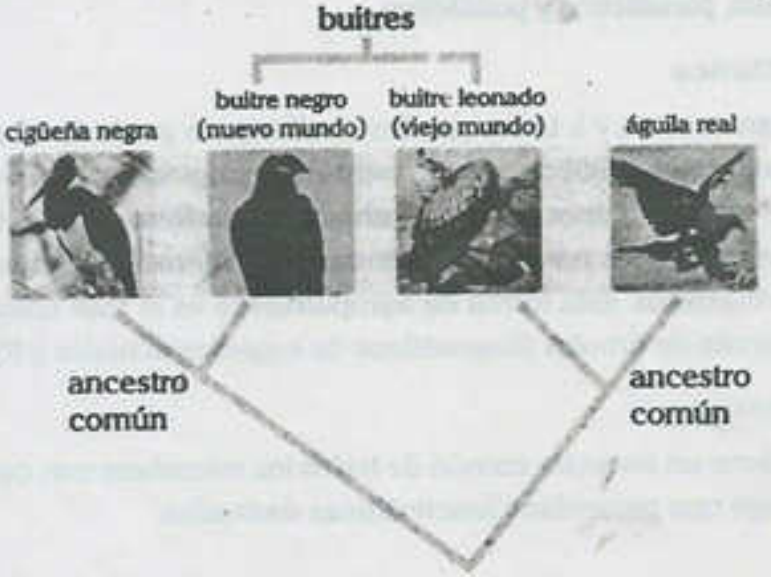
Es un grupo que contiene un ancestro común de todos los miembros con características primitivas y otros del mismo linaje que presentan características derivadas.

Agrupación parafilética en donde el cocodrilo, la lagartija y la tortuga son reptiles con características primitivas; pero en esta agrupación, el gorrión es un ave que tiene características derivadas del reptil y está emparentado con el cocodrilo.

4.1.3. Taxón polifilético

Consiste en varias líneas evolutivas que no comparten el mismo antecesor común reciente. Se puede asignar de forma errónea a los miembros de un determinado taxón al mismo grupo porque comparten características similares u homoplasias, adquiridas por convergencia evolutiva.

AGRUPACIÓN POLIFILÉTICA



Los buitres del nuevo mundo y los buitres del viejo mundo, morfológicamente, son parecidos pero descienden de diferentes ancestros.

4.2. ORGANOS HOMÓLOGOS

Para Linneo y muchos de sus sucesores inmediatos, el objetivo último de la taxonomía era describir el plan con el que Dios había creado el mundo natural. Por ejemplo, la única vértebra repetida en número y formas variables era el plan básico que el creador había formulado para la construcción de todos los animales vertebrados.

Después de la teoría de Darwin, las similitudes entre los organismos fueron interpretadas desde una perspectiva biológica y muchas estructuras anatómicas evidenciaron un origen ancestral común.

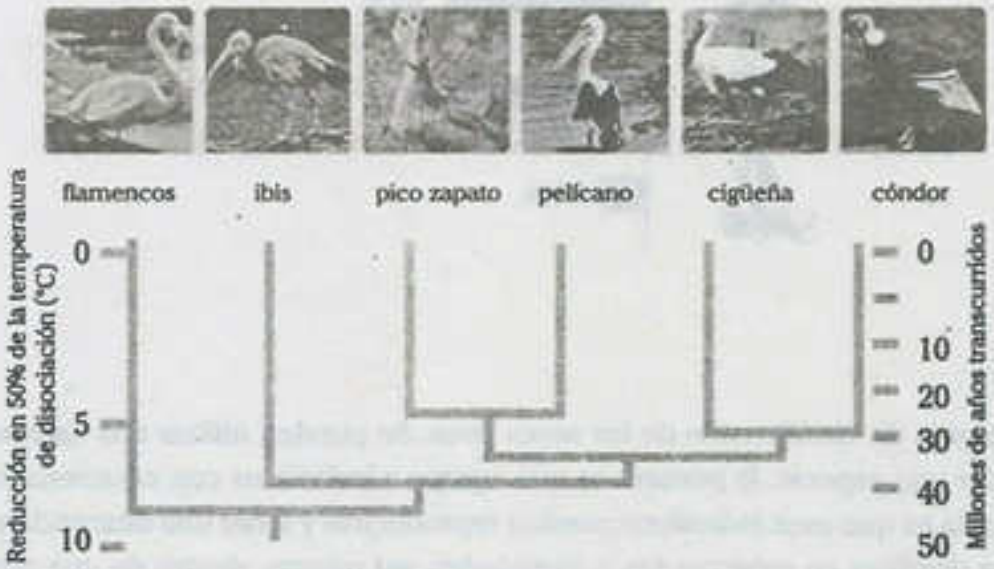
ÓRGANOS HOMÓLOGOS

Las extremidades superiores del humano, perro, gallina y ballena comparten la misma estructura interna, eso significa que parten de un mismo ancestro un tetrápodo ancestral.

4.3. GENÉTICA MOLECULAR

Es el estudio de ADN que brinda un aporte objetivo a la sistemática, provee de la información necesaria sobre el grado de semejanza o diferencia entre dos o más especies; cabe destacar que el ADN es la huella del proceso de la evolución de las especies de seres vivos y equivale a "documentos vivientes" de la historia evolutiva de la vida.

Este campo utiliza la técnica de la hibridación del ADN que permite establecer distancias genéticas, es decir, diferencias entre los genes de una especie y otra. Cuando la distancia genética es amplia, significa que se trata de especies no muy emparentadas en la evolución y por lo tanto se las clasificará en grupos muy distanciados; cuando la distancia genética es corta, significa que se trata de especies muy próximas en la evolución y por lo tanto se las clasificará en grupos taxonómicos muy próximos.

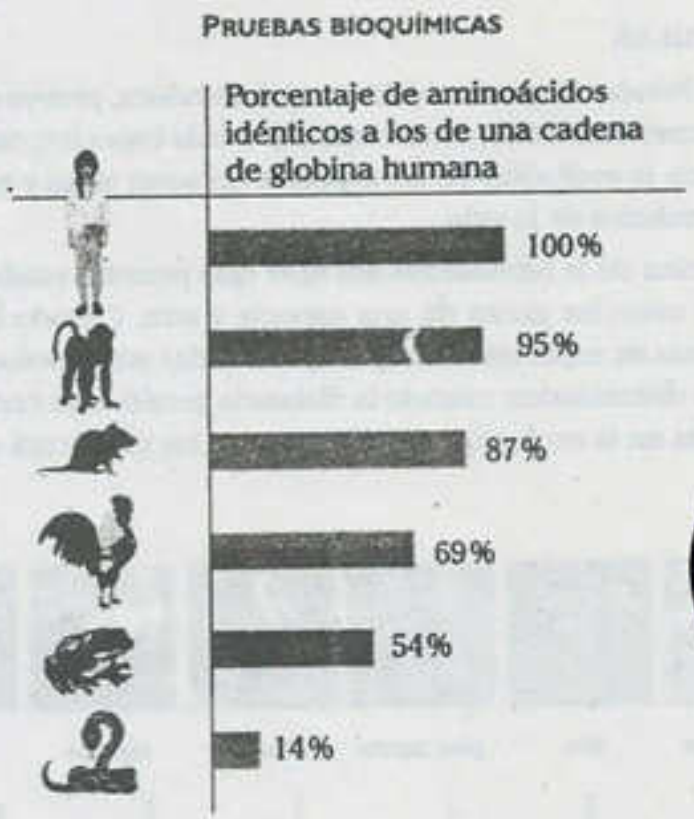


Los estudios de hibridación del ADN han demostrado que los cóndores están emparentados con las cigüeñas y pelícanos. Antes se los clasificaba con los buitres del Viejo Mundo (halcones y águilas).

Estudios de homología del ADN entre el hombre y el chimpancé revelan una semejanza del 98,5 % en las secuencias de bases nitrogenadas, eso significa que presentaron un ancestro común muy cercano en la historia evolutiva de la vida, que es verificado por el gran parecido morfológico que tiene el humano y el chimpancé.

4.4. BIOQUÍMICA

Los sistemáticos también utilizan la información del análisis bioquímico de los organismos para comparar, principalmente, moléculas como las proteínas (secuencia de aminoácidos) comunes en varias especies, y clasificar a las especies. Tal es el caso de la hemoglobina, el citocromo, la histona H1 y la insulina. En general, entre más aminoácidos idénticos se compartan, más relacionadas estarán las especies. Por ejemplo, al comparar la hemoglobina entre el hombre, el mono macaco, el ratón, la gallina, el sapo y la lamprea, los resultados bioquímicos con respecto al porcentaje de aminoácidos idénticos de la hemoglobina confirman que más cercanía existe entre el hombre y el mono macaco (95 %) que con el hombre y la lamprea (14 %).



5▸ ESPECIE

Es la unidad básica de clasificación de los seres vivos. Se pueden utilizar dos características para lograr reconocer una especie: la primera es que agrupe a individuos con características muy similares y la segunda es que esos individuos puedan reproducirse y tener una descendencia fértil. Una especie puede dividirse en subespecies o variedades, así mismo, dentro de una misma especie, a veces, se encuentran grupos de individuos que presentan diferencias, pero que pueden tener descendencia, estas son las subespecies que suelen llamarse razas, en el caso de los animales domésticos, y variedades, en el caso de las plantas.

ESPECIE: *CANNIS FAMILIARIS* (NOMBRE COMÚN: PERRO)

San Bernardo Caniche Doberman

Perros de diferentes razas que pertenecen a la especie *Cannis familiaris*

Ernst Mayr, el renombrado biólogo evolutivo, propuso en 1940 una definición de especie como "un grupo de poblaciones cuyos individuos se cruzan entre sí, exitosamente, de manera real o potencial y que están, reproductivamente, aislados a otros grupos".

5.1. NOMENCLATURA BINOMIAL

En 1758, el naturalista sueco, Carlos Linneo diseñó una clasificación objetiva de todas las especies, mediante un sistema de nomenclatura universal, conocido con el nombre de nomenclatura binomial. Linneo estableció los criterios para realizar el nombre científico de una determinada especie, el cual se compone de dos palabras escritas en latín. La primera palabra se denomina género y es un sustantivo; la segunda palabra, se denomina epíteto específico y es un adjetivo, que generalmente hace referencia a alguna característica particular de la especie, como el color, el tamaño o la región de origen. Estas dos palabras están seguidas por la denominada sigla que es el apellido (o abreviatura) de la persona que dio nombre a la especie, que a veces no es obligatorio escribirla. Por ejemplo, nuestra especie tiene por nombre científico *Homo sapiens* L.

PARTES DEL NOMBRE CIENTÍFICO

Humano

Homo	*sapiens*	L.
Género, que en latín quiere decir 'hombre'	Epíteto específico, que quiere decir 'que sabe'	Sigla, abreviada del apellido de Linneo, quien le dio el nombre a nuestra especie.

Dentro de las reglas que se debe considerar para escribir el nombre científico de una especie sobresalen ciertos criterios como el nombre científico escrito en latín y en cursiva: el genérico y el epíteto específico o de lo contrario escribir en redonda y subrayar cada nombre por separado y solo la primera letra del nombre genérico se escribe en mayúscula, el resto del primer y segundo nombre se debe escribir en minúscula.

Por ejemplo, el nombre científico del perro, escrito en cursiva es *Canis familiaris*, pero si se escribe en redonda sería Canis familiaris. Ahora si dentro de un párrafo se escribe por segunda vez el mismo nombre científico, se puede escribir solo la primera letra del nombre genérico con un punto seguido y luego escribir el segundo nombre: *C. familiaris* o C. familiaris.

Nombre común

Nombre científico

Puede ser

- *Canis familiaris*
- Canis familiaris

Ambos son válidos.

El nombre científico del perro es universal y tiene el mismo significado en todos los idiomas del mundo.

Aun cuando la clasificación de Linneo fue muy avanzada para su época, todavía es una clasificación de tipo artificial. En la actualidad, la nomenclatura para designar las especies se basa en las mismas reglas, propuestas por Linneo. Quienquiera que describa un género o una especie por primera vez tiene el privilegio de darle un nombre. Por lo general se le da un nombre relacionado con características del organismo, también se puede referir a una persona o lugar. Quien lo describe no puede darle, exactamente, su propio nombre, pero con frecuencia se otorga el nombre de un colega. Por ejemplo, la bacteria *Escherichia coli*, recibió su nombre por Theodor Escherich (1857-1911) médico alemán, y *coli* simplemente significa 'intestinal'.

NOMBRES CIENTÍFICOS DE ALGUNOS ANIMALES SILVESTRES

lobo — elefante africano — tigre — búfalo africano

Es importante considerar las reglas de la nomenclatura binomial, es común tener dificultades en la escritura, pero con la práctica constante se evitan errores. Si se tienen los siguientes nombres científicos: *Giraffa camelopardalis* (jirafa), Felis catus (gato), *H. sapiens* (humano), la escritura en los tres nombres es correcta ya que se sujetan a las reglas del sistema binomial. Mientras que en *Panthera Leo* (león), Panthera tigris (tigre), Ursus americanus (oso negro), los nombres científicos son incorrectos, ya que se presentan algunas faltas a las reglas del sistema binomial.

FORMAS DE ESCRIBIR EL NOMBRE CIENTÍFICO DE ALGUNAS ESPECIES

Nombre común	Nombre científico en cursiva	Nombre científico en cursiva abreviada	Nombre científico en redondo	Nombre científico en redonda abreviada
perro	*Canis familiaris*	*C. familiaris*	Canis familiaris	C. familiaris
gato	*Felis catus*	*F. catus*	Felis catus	F. catus
humano	*Homo sapiens*	*H. sapiens*	Homo sapiens	H. sapiens
gallito de las rocas	*Rupícola peruviana*	*R. peruviana*	Rupícola peruviana	R. peruviana
cucaracha de desagüe	*Periplaneta americana*	*P. americana*	Periplaneta americana	P. americana
maíz	*Zea mays*	*Z. mays*	Zea mays	Z. mays
papa	*Solanum tuberosum*	*S. tuberosum*	Solanum tuberosum	S. tuberosum

5.2. NOMENCLATURA TRINOMIAL

Es una forma extendida de la nomenclatura binomial para nombrar dentro de cada especie las diferentes subespecies que pueda presentar. Se escribe en latín y está constituido por tres nombres.

El primer y segundo nombre es el de la especie (sistema binomial) y el tercer nombre es un epíteto específico adicional (segundo adjetivo) que será el que designará el nombre de la subespecie. Por ejemplo, la subespecie humana actual es: *Homo sapiens sapiens*. En el caso de las plantas, las subespecies se denominan variedad y debe de considerarse en la escritura la palabra abreviada "var." antes del tercer nombre de la subespecie, por ejemplo, la acelga es una variedad de la remolacha (*Beta vulgaris*) y recibe el nombre científico de *Beta vulgaris* var. *cicla*.

Menos usadas aunque también pertenecientes a la nomenclatura trinomial son la subvariedad ("subvar."), la forma ("forma" o "f.") y el cultivo/cultivar ("cv."), cada una de menor entidad que la anterior.

6▸ CATEGORÍAS TAXONÓMICAS

La clasificación biológica incluye una serie de niveles o rangos denominados categorías taxonómicas que son inclusivas entre sí (es decir, poseen una jerarquía) y representan la genealogía evolutiva de los grupos de organismos, que se denominan taxones. Un taxón es un grupo de organismos considerado como unidad filogenética. Los taxones de rango superior incluyen a los de rango inferior, de esta forma, las clasificaciones permiten almacenar y recuperar información de manera eficiente y la jerarquía de los grupos representa el resultado de la filogenia, es decir, las relaciones de parentesco y ancestralidad entre ellos.

Ocho categorías taxonómicas o taxones en las cuales se agrupan los seres. La de menor jerarquía es la especie y la de mayor es el dominio.

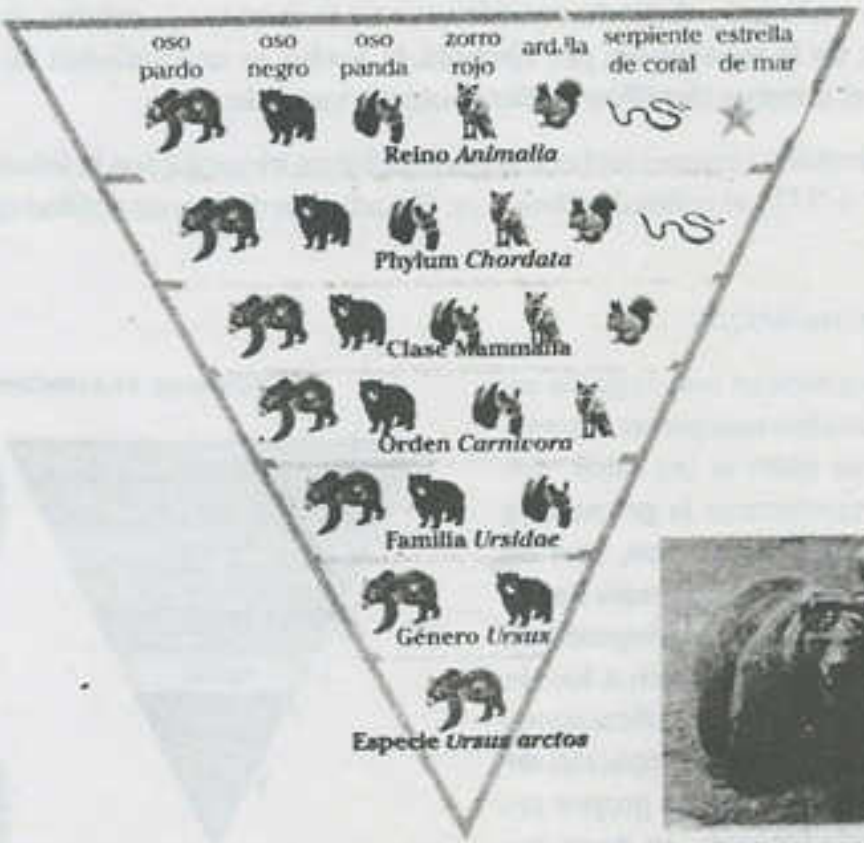
Se resume de la siguiente manera: las especies se agrupan en géneros, los géneros se agrupan en familias, las familias en órdenes, las órdenes en clases, las clases en phyla (animales, protozoo y hongos) o divisiones (plantas y algas) y los phyla o divisiones a su vez en reinos.

Otra categoría taxonómica que se utiliza en la actualidad es el dominio, propuesto por Woese (1990) y agrupa a todos los organismos de la Tierra en tres grandes grupos en base a las investigaciones comparativas del ARN ribosomal.

Las especies cercanas, que presentan una serie de características semejantes y un ancestro en común, se clasifican en grupos que reciben el nombre de género. Por ejemplo, el oso pardo (*Ursus arctos*), el oso negro americano (*Ursus americanus*) y el oso negro primitivo (*Ursus abstrusus*) son especies evolutivamente muy relacionadas, por lo que pertenecen a un mismo género. Los géneros más relacionados, filogenéticamente, se reúnen en grupos mayores que reciben el nombre de familia. Así, todos los osos forman la familia de los *Ursidae*. Estas se incluyen, a su vez, en el siguiente grupo, el orden. Los úrsidos, por ejemplo, pertenecen al orden de los carnívoros. El grupo siguiente es la clase.

Los animales mencionados, pertenecen a la clase de los mamíferos, que incluye a muchos otros animales, como los ratones, perros, gorilas y nosotros mismos. La siguiente jerarquía es el phylum (plural Phyla) para la zoología, o división para la botánica, que se compone de clases relacionadas, evolutivamente. Los mamíferos, las aves, los reptiles, los anfibios y los peces pertenecen al Phylum Cordados. Por ultimo, todos estos animales se encuentran agrupados en el reino animalia.

CATEGORÍAS TAXONÓMICAS DEL OSO PARDO



El oso pardo (*Ursus arctos*) agrupado con otras especies según sus semejanzas en categorías taxonómicas

twitter.com/calapenshko

Además las categorías pueden ser divididas en otras categorías designando a las subcategorías con el prefijo sub- (por ejemplo, subphylum Vertebrado) y el prefijo infra- (por ejemplo, infraorden Catarrino). Excepcionalmente se pueden considerar supercategorías con el prefijo super- (por ejemplo, superorden Placentaria, superclase Pisces).

Por último, la nomenclatura de las categorías taxonómicas utilizan sufijos para designar el nombre de algunos taxones. Por ejemplo, el sufijo que se utiliza para designar la categoría taxonómica división en las plantas es –phyta (*Bryophyta*, *Pteridophyta* y *Espermatophyta*). En los hongos se utiliza el sufijo –mycetes para designar la categoría taxonómica clase (*Zigomycetes*, *Ascomycetes*, *Basidiomicetyes* y *Deuteromycetes*). En el caso de los animales, para nombrar la categoría familia se utiliza el subfijo -idae (*Cercopithecidae*, *Hylobatidae*, *Hominidae*).

Todas las terminologías que se usan para asignar la nomenclatura de las categorías taxonómicas según el reino al que pertenecen los organismos se registran en el siguiente cuadro, incluido las subcategorías y las supercategorías.

Terminologías para nombrar categorías taxonómicas

Categoría taxonómica/ Reino	Planta	Alga	Hongo	Bacteria	Animal
División o Phytum	-phyta				
Subfilo	-phytina				
Clase	-opsida	-phyceae			
Subclase	-idae	-phycidae			
Superorden	anae				
Orden	-ales				
Suborden	-ineae				
Infraorden	-aria				
Superfamilia	-acea				-oidea
Familia	-aceae				-idae
Subfamilia	-oideae				-inae
Tribu	-eae, ae			-eae	-ini
Subtribu				-inae	-ina
Género	-us, -a, um, -is, -os, -ina, -ium, -ides, -ella, -ula, -aster, -cola, -ensis, -oides, -opsis...				

Si analizamos la nomenclatura de las categorías taxonómicas de dos organismos, uno animal y otro vegetal, en este caso el hombre y el girasol, respectivamente, se observa que en las plantas se usan con más frecuencia los sufijos con respecto a los animales. En el cuadro anterior, en la planta de girasol se ha utilizado en la categoría división, el sufijo –phyta; en la clase, el sufijo –opsida; en el orden, el sufijo -ales; y en la familia, el sufijo –aceae. Mientras que en el humano, solo se ha utilizado el sufijo –idae en la categoría familia.

Nomenclatura de los taxones del humano y el girasol

Animal	Categoría taxonómica	Planta
Animalia	Reino	*Plantae*
Chordata	Phylum/División	*Anthophyta*
Mammalia	Clase	*Magnoliopsida*
Primate	Orden	*Asterales*
Hominidae	Familia	*Asteraceae*
Homo	Género	*Helianthus*
Homo sapiens	Especie	*Helianthus annuus*
Humano	Nombre común	Girasol

El genoma del ornitorrinco, un eslabón de la evolución

El ornitorrinco australiano es un animal que pone huevos y tiene pico como las aves, pero está cubierto de pelos y tiene membranas en las patas, es una mezcla de ave, reptil y mamífero, según su mapa genético. Un grupo internacional de científicos difundió la compleja secuencia genética del ornitorrinco, afirmando que ayudará al estudio de la evolución humana, sobre todo al desarrollo del sistema inmune, nervioso y reproductivo.

Cuando el ornitorrinco fue descubierto por científicos británicos, estos pensaron que era una broma de los australianos, que habían colocado un pico y unas patas de ave en una criatura similar a una nutria. El ornitorrinco está clasificado como un mamífero porque produce leche, amamanta a sus crías y está cubierto por pelo, aunque cuenta con patas de ave o de reptil y los machos tienen un espolón venenoso en las extremidades traseras, al igual que algunos reptiles.

Este animal representa una rama precoz del linaje de los mamíferos, situada hace 166 millones de años. Proviene de ancestros primitivos que tenían características de reptiles y mamíferos. El estudio de la revista *Nature* analizó el genoma de una hembra llamada Glennie. Su secuencia contenía unos 18 500 genes, al igual que otros vertebrados. Los investigadores encontraron los genes responsables de la lactancia, de la reproducción por huevos y de la producción de veneno, que evolucionaron desde genomas de reptiles ancestrales. El ornitorrinco nada con los ojos, la nariz y los orificios nasales cerrados, confiando en un sistema electrosensorial para captar los campos electromagnéticos emitidos por los depredadores. Además, los científicos han descubierto que tiene la capacidad de detectar olores bajo el agua, que se debe a genes, que también están presentes en perros y roedores.

Cuando los investigadores compararon el genoma del animal con el del hombre, el del ratón, el del perro, el de la zarigüeya y el del pollo, descubrieron que comparte cerca de un 82 % de sus genes con estos animales. Esto nos enseña sobre una parte de la biología que pudieron tener algunos de nuestros primeros ancestros comunes, en términos de sistemas inmunológicos y de las funciones primitivas de los sistemas nerviosos.

PERRY, Michael. "El genoma del ornitorrinco, un eslabón de la evolución". En <https://es.reuters.com/>.

Preguntas resueltas

Pregunta 1

La escritura del nombre científico de una especie considera ciertas reglas de la nomenclatura binomial. Señale qué nombres científicos del siguiente cuadro están escritos correctamente.

I.	Saccharomyces cerevisiae	levadura
II.	*Lama glama*	llama
III.	*Engraulis ringens*	anchoveta
IV.	Panthera onca	jaguar

A) solo I
B) I y II
C) I, II y III
D) II, III y IV
E) I, II, III y IV

Resolución

La nomenclatura binomial fue planteada por Linneo y considera dos nombres: uno genérico y otro específico, escritas en lengua latín. Según el cuadro están escritos correctamente el nombre científico de la levadura y la llama.

Clave B

Pregunta 2

En la década de los 50, W. Henning comenzó a elaborar una nueva propuesta para la clasificación. En su forma actual, sus ideas se conocen como

A) fenética.
B) cladismo.
C) taxonomía evolutiva.
D) taxonomía numérica.
E) anagénesis.

Resolución

Willi Henning desarrolló un mecanismo por el cual se puede relacionar a los organismos que evolucionaron a partir de ancestros comunes, denominado cladismo. Consideró las características comunes para reconstruir la filogenia de los organismos vivos.

Clave B

Pregunta 3

Según la siguiente pirámide invertida que representa las categorías taxonómicas de la clasificación de los seres vivos, ¿qué premisas descritas son correctas?

a. división/phylum
b. orden
c. género

I. El taxón orden está ubicado entre la familia y la especie, por lo tanto, está representado por el número 3.
II. El taxón división/ phylum está ubicado entre el reino y la clase, por lo tanto, está representado por el número 1.
III. La categoría género se ubica entre la familia y la especie, por lo tanto, está representado por el número 3.
IV. La categoría orden está ubicado entre la clase y la familia, por lo tanto, está representado por el número 2.

A) I y II B) II y III C) III y IV
D) I, II y III E) II, III y IV

Lumbreras Editores

Resolución

Las categorías taxonómicas o taxones se agrupan en base a jerarquías donde uno contiene al otro, en este caso los taxones de inferior a superior son los siguientes: especie, género, familia, orden, clase, división o phylum y reino. Por lo tanto, 1 es la división o phylum, 2 es el orden y 3 es el género.

Clave E

Pregunta 4

En el sistema jerárquico de clasificación, cada grupo o taxón tiene asociada una categoría y un conjunto de atributos que determinan la presencia de ciertos organismos a este grupo. Por ejemplo, la categoría clase

A) agrupa a un conjunto de familias.
B) es inferior a la categoría especie.
C) es la base de la pirámide invertida.
D) está formado por un conjunto de órdenes.
E) presenta un conjunto de reinos.

Resolución

La categoría taxonómica clase está formado por varios grupos denominados órdenes, en el caso de la clase mamaria está formado por las siguientes órdenes: primate, sirénido, proboscídeos, roedores, lagomorfa, quirópteros, cetáceos, edentados, etc.

Clave D

Pregunta 5

El conejo pertenece a la clase *Mammalia*, ya que todas las hembras de este grupo taxonómico presentan glándulas mamarias activas durante la lactancia de sus crías.

Esta clase, indicada en el cuadro, junto a otras clases emparentadas forman un grupo taxonómico denominado

dominio	*Eucaria*
reino	*Animalia*
subreino	*Eumetazoa*
phylum	*Chordata*
subphylum	*Vertebrata*
clase	*Mammaria*
orden	*Lagomorfa*
familia	*Leporidae*
género	*Oryctolagus*
especie	*Oryctolagus domesticus*

A) eucaria.
B) lagomorfa.
C) leporido.
D) vertebrado.
E) género.

Resolución

La regla de las categorías taxonómicas nos dice que los taxones inferiores están contenidas en los superiores; en este caso, el conjunto de clases constituye el phylum. Pero en el reino animal, la clase *Mammalia* junto a las osteíctios, condríctios, anfibios, reptiles y aves constituyen el subphylum *Vertebrata*.

Clave D

Lumbreras Editores

Pregunta 6

Después de la publicación de la obra de Darwin, las similitudes entre los organismos fueron interpretadas desde una perspectiva biológica y muchas evidenciaron un origen a partir de un ancestro común. Por ejemplo, el ala de un ave, la aleta de una ballena, la pata de un caballo y el brazo humano son características que, a pesar de tener funciones distintas de volar, nadar, correr y agarrar, comparten un mismo patrón estructural, es decir, formados por los mismos huesos. Estas estructuras similares y heredadas se denominan

A) fenogramas.
B) homologías.
C) homeoplasia.
D) convergencias.
E) analogías.

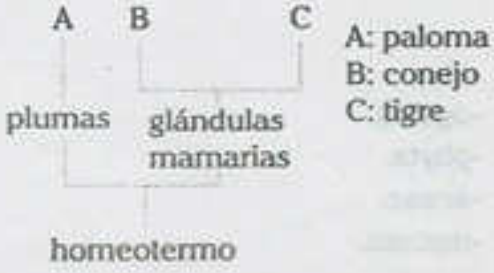
Resolución

La anatomía comparada, principalmente los órganos homólogos, contribuye en explicar el proceso evolutivo y, en consecuencia, es un criterio utilizado en la sistemática, ayudando a generar las relaciones filogenéticas entre diferentes especies a partir de un ancestro común.

Clave B

Pregunta 7

Según el siguiente cladograma sobre algunos vertebrados, es correcto afirmar que



I. A, B y C tienen un ancestro común de temperatura corporal constante.
II. B y C presentan un antepasado común con glándulas mamarias.
III. A y B tienen un ancestro común con cuerpo plumoso.

A) I y II
B) solo II
C) I y III
D) solo I
E) I, II y III

Resolución

El cladograma ayuda a generar las relaciones evolutivas de diferentes grupos de organismos en función a un antepasado común, en el grafico anterior podemos afirmar que el conejo y el tigre descienden de un ancestro con glándulas mamarias, mientras que la paloma, conejo y tigre descienden de un ancestro homeotermo.

Clave A

Pregunta 8

Determine la rama de la biología cuyos principios básicos son la identificación, clasificación y nomenclatura de las especies.

A) paleontología
B) taxonomía
C) geología
D) ecología
E) antropología

Resolución

La taxonomía es la disciplina que estudia los principios, métodos y fines de la clasificación ordenada y jerarquizada de los seres vivos.

Clave B

Lumbreras Editores

Preguntas propuestas

1. La taxonomía es una disciplina que se encarga de generar normas, reglas y criterios utilizados en la clasificación de los seres vivos. Asigna el nombre científico a cada especie y la agrupa en categorías taxonómicas junto a otras especies con características semejantes. ¿Quién fue el taxónomo que propuso la nomenclatura binomial para designar el nombre científico para cada especie?

A) Aristóteles
B) Linneo
C) Darwin
D) Henning
E) Teofrasto

2. La sistemática es una rama de la biología que estudia la diversidad de seres vivos considerando el proceso evolutivo en la clasificación de las especies, se ayuda, principalmente, de dos disciplinas en el sistema de clasificación: la ..... y la .....

A) geología - filogenia.
B) taxonomía - geografía.
C) filogenia - taxonomía.
D) taxonomía - fenética.
E) cladogenia - fenética.

3. Señale qué alternativa describe el nombre científico considerando las reglas de la nomenclatura binomial.

A) Canis Familiaris
B) Felis catus
C) *Euglena viridis*
D) Periplaneta americana
E) *Homo Sapiens*

4. La nomenclatura binomial designa el nombre científico de cada especie. Determine las normas y reglas que se consideran.
   I. Se establecen dos nombres: el primero es genérico y el segundo es epíteto específico.
   II. Escribir en lengua latín el primer y el segundo nombre.
   III. Escribir en cursiva o subrayar cada nombre si es en redonda.

A) solo I
B) solo II
C) I y II
D) II y III
E) I, II y III

5. Las categorías taxonómicas agrupan a los organismos vivos según características semejantes, de acuerdo a las jerarquías donde una contiene a la otra. En este caso, un conjunto de órdenes agrupa a una

A) división.
B) clase.
C) familia.
D) especie.
E) tribu.

6. La nomenclatura de las categorías taxonómicas utiliza sufijos para designar el nombre característico de cada categoría. Por ejemplo, el sufijo para el taxón familia en las plantas es

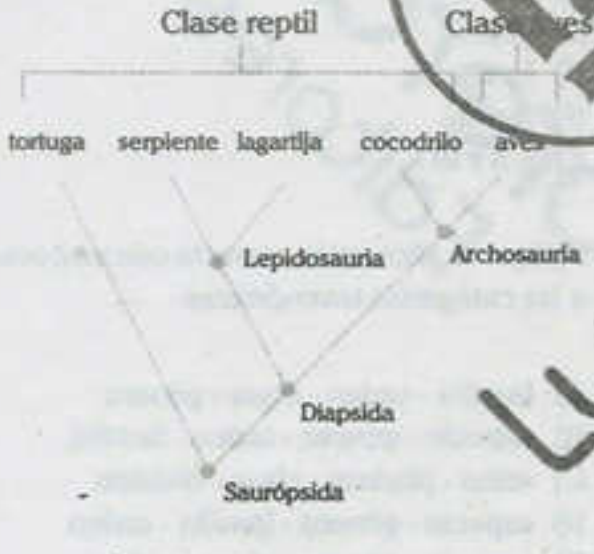
A) -ales.
B) -opsida.
C) -phyta.
D) -aceae.
E) -mycota.

Lumbreras Editores

7. La agrupación monofilética es la que más se utiliza en la filogenia e incluye a

A) todos los descendientes de este grupo a partir de un ancestro común.
B) especies parecidas, pero de diferentes ancestros comunes.
C) un grupo de especies con características primitivas y otras no emparentadas a este grupo.
D) grupos de especies con características homeoplásicas.
E) especies que se relacionan, pero no se considera el ancestro común.

Según el siguiente cladograma, conteste las preguntas 8 y 9.



8. Si se considera que todos los saurópsidos son reptiles, entonces la clase reptil es un grupo

A) parafilética.
B) monofilética.
C) polifilética.
D) fenética.
E) filogenética.

9. Si se consideran a las aves y los reptiles dentro de este cladograma, sabiendo que las aves no son reptiles, la agrupación es considerada

A) filogenética.
B) fenética.
C) monofilética.
D) parafilética.
E) polifilética.

Lea el siguiente texto, y a continuación responda las preguntas 10 y 11.

En repetidas ocasiones en la historia, los biólogos se habían planteado, erróneamente, que la vida podía representarse como una escalera en la que los organismos se acomodaban en una serie desde los inferiores hasta los superiores, como la *Scala Naturae* que planteó Aristóteles. En el siglo XVIII, Linneo fue quien primero propuso una clasificación binomial de los grupos de organismos y los nombró de acuerdo a ella; concebía que las especies tenían un orden natural y verdadero, siguiendo un plan preestablecido. Sin embargo, con la obra de Darwin, *El origen de las especies*, publicada en 1859, se adquirió una perspectiva de la especiación secuencial y divergente conducida de manera lenta y gradual, desde tiempos inmemorables, que muestra un patrón de ramificación continua del árbol de la vida.

10. La agrupación de los seres vivos acomodados desde los seres inferiores hasta los superiores, bajo una escala natural, fue propuesta por

A) Darwin.
B) Linneo.
C) Aristóteles.
D) Teofrasto.
E) Mayr.

Lumbreras Editores

11. La obra de Charles Darwin sobre el origen de las especies explicó científicamente el proceso de la evolución biológica, lo cual contribuyó a entender la sistemática de la clasificación de las especies, y que permitió el surgimiento de una disciplina denominada

A) taxonomía.
B) genética.
C) filogenia.
D) bioquímica.
E) citología.

12. Determine la categoría básica usada para referirse a un grupo de individuos que cuentan con las mismas características, que permite la descendencia fértil entre ellos.

A) clase B) género C) especie
D) orden E) familia

13. En la clase *Mammalia*, las hembras cuentan con glándulas mamarias que producen leche para alimentar a sus crías, tienen la mandíbula formada por un único hueso llamado maxilar inferior. Mencione qué animal no pertenece a este grupo taxonómico.

A) chimpancé
B) caballo
C) tiburón ballena
D) ornitorrinco
E) koala

14. En el contexto científico, la utilidad de la fórmula binaria consiste no solo para eliminar la ambigüedad que se puede presentar ante los diferentes nombres vulgares para un organismo, sino también para nombrar a aquellos especímenes que ni siquiera tienen un nombre común. También permite superar las dificultades comunicacionales en diferentes lenguas a partir del reconocimiento universal y convenido de un sistema de nomenclatura estándar. El valor del sistema de nomenclatura binominal deriva, primariamente, de

I. su economía, pues bastan solo dos palabras para identificar, inequívocamente, a una especie.
II. su difundido y generalizado uso, fomentado y regulado por la comunidad científica para uso universal.
III. la estabilidad relativa de los nombres usados, pues se intentan conservar a pesar de modificaciones taxonómicas y sistemáticas.

A) solo I
B) solo II
C) I y II
D) I y III
E) I, II y III

15. Indique la secuencia correcta con respecto a las categorías taxonómicas.

A) familia - orden - clase - género
B) especie - género - orden - familia
C) reino - phylum - clase - división
D) especie - género - familia - orden
E) especie - género - clase - orden

16. La especie denominada *Solanum tuberosum*, planta de papa, pertenece al género

A) *Anthophyta*.
B) *Monocotiledónea*.
C) *Dicotiledónea*.
D) *Solanum*.
E) *Tuberosum*.

Lumbreras Editores

CAPÍTULO XXI

SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN

Objetivos

- Identificar los sistemas de clasificación de seres vivos propuestos por diversos científicos.
- Diferenciar las diversas formas de clasificación de los seres vivos.
- Reconocer cuál es el sistema de clasificación más aceptada en la actualidad.

Introducción

La clasificación de los seres vivos ayuda a mejorar el estudio de la biodiversidad. Además brinda el conocimiento que contribuye a comprender el grado de emparentamiento entre las diversas especies. Es útil para el desarrollo del conocimiento en otras disciplinas como la evolución, la ecología, la paleontología, la geografía, la filosofía, la historia, la zoología, la botánica y la microbiología.

En el ámbito de la biología, el reino representa cada una de las grandes categorías taxonómicas en las que se clasifican los seres vivos respecto a su parentesco evolutivo. Los reinos tradicionales han sido Animalia y Plantae, clasificados más por sus apariencias y su facilidad de estudio que por su verdadera relación evolutiva. Sin embargo, se han sumado a la clasificación los reinos Fungi, Protista y Monera. Los reinos Monera y Protista son agrupaciones que presentan a su vez divisiones que están siendo consideras como nuevos reinos, por ejemplo Archaea, Chromista y Protozoa.

En la actualidad, el Sistema del catálogo de la vida (2015) propone un sistema de clasificación de siete reinos, pero probablemente en un futuro cercano esto aumente en más reinos. Sin embargo, en la enseñanza educativa del curso de Biología, en los colegios e institutos, se sigue estudiando generalmente la diversidad de los seres vivos agrupados en cinco reinos, ya que es más sencillo explicarlo bajo esta forma. Los modelos que siguen vigentes son los sistemas de clasificación de los cinco reinos de Whittaker (1969) y Margulis (1985). Pero en esta última década se está imponiendo el sistema de clasificación de los seis reinos y tres dominios de Woese (1990).

Los sistemas de clasificación de los seres vivos se han desarrollado por aportes e investigaciones realizadas desde hace 2300 años. No obstante, fue a partir de 1866 que empezó a ser más científica, ya que se consideró los estudios de microscopía celular, las características morfológicas, los restos fósiles, las pruebas comparativas de ADN y la filogenia.

1▸ Clasificación tradicional de los seres vivos

1.1. Aristóteles y la dicotomía de la vida en animales y vegetales (350 a.C.)

La primera forma consistente de clasificar a los seres vivos fue impulsado por el gran naturalista de la antigüedad Aristóteles de Estagira, quien agrupó a todos los seres vivos en dos reinos: vegetalia y animalia. El primero es caracterizado por tener "alma vegetativa" que le da reproducción, crecimiento y nutrición. El segundo, además de "alma vegetativa", tiene "alma sensitiva" que le proporciona percepción, deseo y movimiento.

Aristóteles

Aristóteles estableció el primer gran esfuerzo de clasificar a la totalidad del reino animal basándose en sus tipos de sangre, dividiéndolo en dos géneros máximos: **anaima** para los animales con sangre de otro color y una falta aparente de órganos internos; y **enaima** para los animales con sangre roja y una estructura interior compuesta por órganos complejos. Esto significó un gran avance intelectual que no tuvo comparación durante veintidós siglos.

- **Anaima:** Comprende a la malaquia (moluscos cefalópodos), malascostraca (crustáceos), ostracoderma (bivalbos, caracoles, equinodermos y otros grupos) y entoma (insectos y otros).
- **Enaima:** Comprende las clases de tetrápodos vivíparos (mamíferos), tetrápodos ovíparos (anfibios y reptiles), ápodos ovíparos (algunos anfibios y reptiles), ornities (aves) e ictíes (peces).

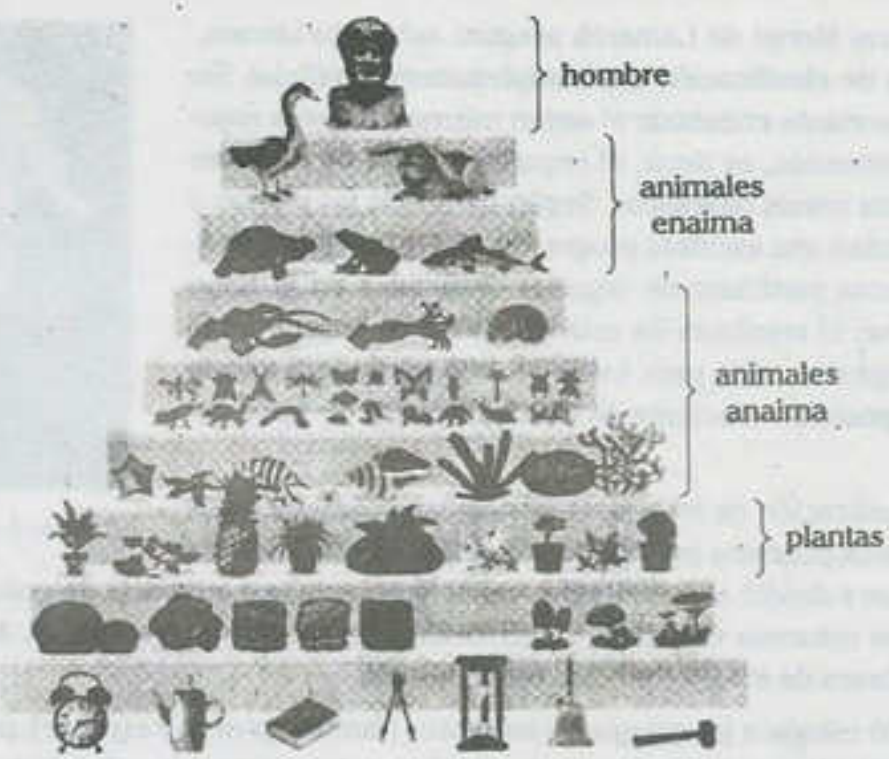
Apoyándose en la clasificación de los seres vivos, un discípulo de Aristóteles llamado Teofrasto clasificó a las plantas de acuerdo al tamaño como se desarrollaban en un ambiente natural y consideró tres géneros máximos: hierbas, arbustos y árboles.

Las fronteras de la diversidad biológica empezaron a volverse difusas e imprecisas; por ello, Aristóteles construyó la expresión retórica de una *scala naturae* (escalera de la naturaleza) de los seres vivos, en la que los grandes grupos se disponían jerárquicamente de acuerdo a su animalidad o falta de ella. Convino así que el mundo se debe ordenar partiendo de los animales con sangre roja, descendiendo intelectualmente, poco a poco por los grupos animales que tienen fluidos corporales distintos, pasando por las diferentes clases de plantas y entrando, finalmente, en el mundo mineral inanimado; siempre en un sentido de mayor a menor vitalidad y complejidad.

Cabe señalar que Aristóteles para estos fines realizó prácticas de disección en insectos, crustáceos y equinodermos, como los moluscos y los cefalópodos. Así descubrió la "linterna de Aristóteles" del erizo de mar o la placenta de la musola dentuda. Además sus observaciones sobre el mundo de los insectos marcaron un progreso como fundación real de la ciencia entomológica.

Esta necesidad intelectual y práctica de agrupar, ordenar y clasificar en grupos biológicos mayores, llevó a Aristóteles y a sus discípulos a comprometerse con un amplio programa comparativo de estudios morfológicos de plantas y animales que, sin duda, deben reconocerse como los iniciadores de la historia natural en la época clásica.

ESCALA DE LA NATURALEZA DE ARISTÓTELES



1.2. KARL LINNEO Y LAS CATEGORÍAS TAXONÓMICAS EN EL REINO PLANTAE Y ANIMALIA (1753)

Karl Von Linneo

Para el médico y botánico sueco Karl Linneo era necesario encontrar un verdadero ordenamiento de los seres vivos en función a su morfología y utilizando métodos y técnicas artificiales. Linneo se consideraba a sí mismo como un intérprete de la naturaleza creada con fines racionales. Argumentaba que una clasificación biológica válida debía reflejar el orden natural y verdadero, el plan original con que Dios había dado forma al mundo.

Con respecto al reino vegetal, ya se conocía en la época de Linneo dos grupos de plantas, las que no tienen flores y las que si tienen flores. Pero Linneo propuso clasificar a las plantas con flores, que dicho sea de paso son las más numerosas, considerando sus estructuras reproductivas, especialmente la cantidad, forma, y disposición de los verticilos florales (sépalos, pétalos, pistilos y estambres). Sin duda para Linneo, éste juego de caracteres fue la clave que le permitió reconocer las categorías taxonómicas principales. Además, dividió al reino plantae, en otras categorías inferiores que fueron siendo cada vez menores, en una dirección descendente en el ranking taxonómico. Las categorías usadas por Linneo fueron, respectivamente, el reino, la clase, el orden, el género y la especie; posteriormente fue completado otras categorías por otros taxónomos a medida que se iban descubriendo nuevas especies.

Este sistema de clasificación, también le sirvió a Linneo para agrupar a las especies del reino Animal y consideró las mismas categorías taxonómicas propuestas en el reino Plantae.

1.3. EL REINO ANIMAL DIVIDIDO EN INVERTEBRADOS Y VERTEBRADOS POR LAMARCK

Jean Baptiste Lamarck

Jean Baptiste Pierre Monet de Lamarck aseguró así como Linneo, que todo sistema de clasificación era completamente artificial. Sin embargo, era importante encontrar el orden mismo en que la naturaleza se había generado, es decir, el impulso interno de los seres vivos, dentro de los reinos biológicos. Según Lamarck, las plantas y animales, constituían una escalera progresiva en complejidad, definida por un sistema particular de órganos esenciales en el reino Animalia y Plantae; el resultado de esta clasificación basada en la complejidad progresiva sería para Lamarck una verdadera escala relativa a la composición creciente de la organización de estos seres vivos.

Respecto a la clasificación de los grupos biológicos dentro de estos dos reinos, Lamarck pugnaba por conocer la plena clasificación de los grandes grupos y dividió a los animales según la presencia o ausencia de columna vertebral en invertebrados (sin columna vertebral) y vertebrados (con columna vertebral). Además, aumentó en diez nuevas clases de invertebrados al reino animal.

Por último decidió relegar a las categorías inferiores (familia, género y especie), por considerar que tenían una vigencia temporal y ser meras desviaciones de la serie general, debidas a las permanentes y caprichosas influencias ambientales.

Así, la clasificación evolucionista de Lamarck reflejó la marcha de la naturaleza, y afirmó que los grupos taxonómicos superiores de cada reino se disponían como un largo tronco principal y se opuso a una clasificación "ramificada reticular" a no ser solo para las categorías taxonómicas inferiores sujetas a los vaivenes de las circunstancias ambientales que las rodean.

1.4. EL TERCER REINO DE ERNST HAECKEL (1886)

Ernst Haeckel

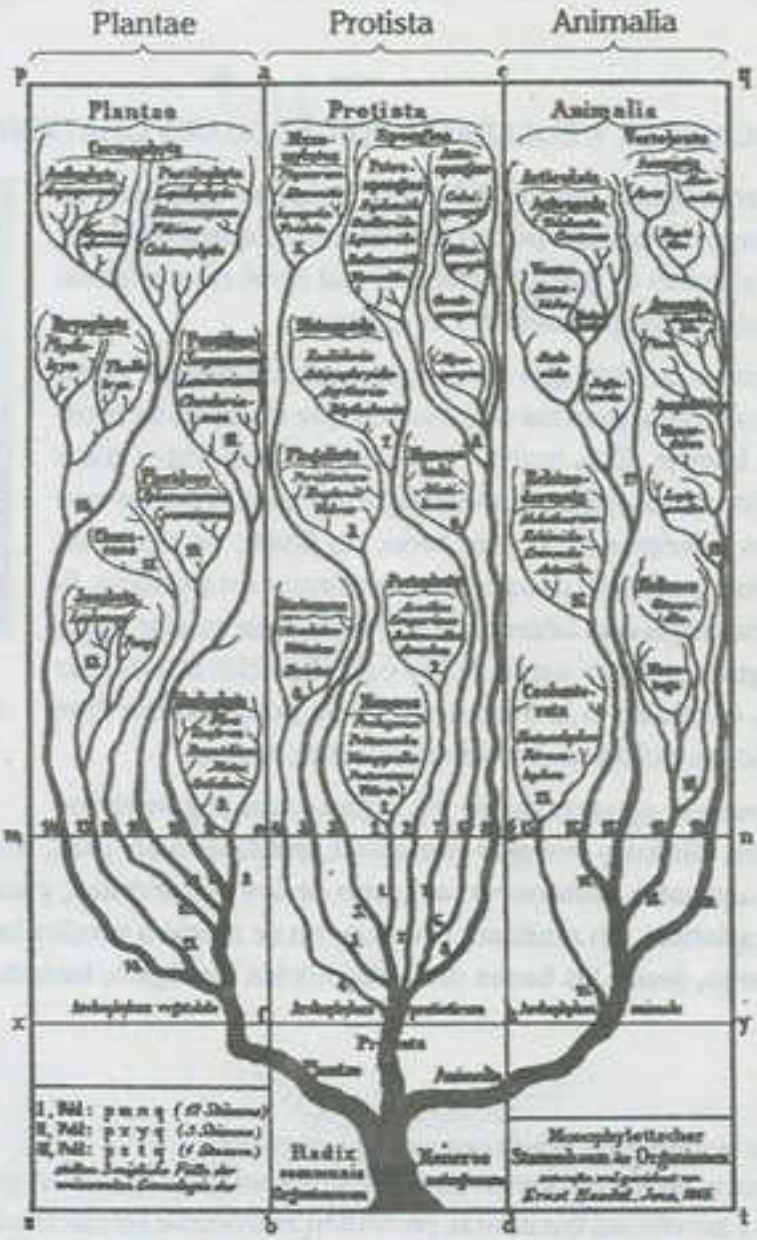
Haeckel fue ampliamente influyente en la difusión del darwinismo. Propuso una nueva clasificación de los reinos e introdujo los términos taxonómicos filo y familia. Haeckel también defendió la forma más radical de la teoría de la recapitulación, según la cual la ontogénesis sigue a la filogénesis. Presentó para ello diagramas manipulados de embriones. Estudió medicina en las universidades de Berlín, Wurzburgo y Viena, tras lo cual se incorporó, en calidad de asistente de zoología, a la Universidad de Jena, de la que sería catedrático (1865-1909).

Haeckel, asumiendo la coherencia de von Siebold y adhiriéndose a las ideas reformistas de Owen y Hogg, creyó oportuno llevar a cabo su propio replanteamiento del agotado sistema de clasificación que para entonces contaba con dos milenios de antigüedad. En el año de 1866, fue publicada su obra clásica *Morfología general de los organismos*, trabajo en el que Haeckel propuso la creación de un tercer reino, el reino Protista, donde acomodó inicialmente a todas las especies de bacterias, protozoarios, protofitas, diatomeas y esponjas. Asimismo, previó la necesidad de establecer subdivisiones al interior de los protistas.

Ernst Haeckel denominó al reino Protista como el "primordial", el reino de las formas primitivas. Reconoció lo problemático de su clasificación por la presencia de caracteres animales, vegetales y mixtos, pero necesario para propósitos sistemáticos, antes que filogenéticos. Dentro del reino Protista colocó a las bacterias en el filo moneres.

Fue el primer científico en distinguir organismos entre unicelulares (protistas) y pluricelulares (plantas y animales). En sucesivas publicaciones, Haeckel hizo correcciones a sus clasificaciones: por ejemplo movió las esponjas del reino Protista al animal, a los hongos del reino planta al protista, a las algas verdeazuladas o cianofitas del reino planta al protista junto con las bacterias, los *Labyrinthulomycetes* de animal los pasó a protista y los volvocales de protista los pasó a formar parte del reino Plantae.

LOS TRES REINOS DE ERNST HAECKEL



Haeckel contribuyó sustancialmente a la popularización, en la nomenclatura biológica, de las designaciones Protozoa y Protophyta, para referirse a las especies de microorganismos unicelulares que se asemejaban a animales (metazoa) y plantas (metaphyta) respectivamente y, también para sugerir que ambos reinos de especies multicelulares habían evolucionado directamente de dichos subgrupos de protistas. También, designó al subgrupo monera que fue colocado en el reino Protista.

Haeckel acuñó la palabra *filogenia* para referirse a la historia evolutiva de un grupo biológico, palabra que lo relacionó con la palabra *ontogenia* para referirse al desarrollo del ser (ontogenia recapitula la filogenia). Con Haeckel se establecen las genuinas clasificaciones filogenéticas y su representación pictográfica a la manera de grandes árboles genealógicos extensamente ramificados aunque todavía incluyendo una rama principal o central, estos árboles esquematizados podían abarcar las relaciones ancestrales de una familia, de toda una clase, o incluso, de todo un reino. El transformismo filogenético había llegado para quedarse; se había logrado dotar a la biología de un enfoque histórico y, con este, la era de los grandes bosques intelectuales de árboles evolutivos había comenzado.

2▸ La célula procariota y eucariota por Édouard Chatton (1938)

El oceanógrafo y microscopista francés Chatton, propuso clasificar a cualquier especie de organismo solo por su tipo de célula que exhibiera, independientemente al reino al que pertenezca o al nivel de organización celular, en dos categorías: procariota y eucariota.

El primero para las formas de vida que no presentaban un núcleo en su célula y el segundo, en cambio, para los organismos que claramente mostraban esta estructura interna. Esta nueva clasificación dicotómica daba elementos metodológicos a los biólogos evolucionistas para suponer que ambos grandes grupos celulares eran ante todo, un linaje; es decir, un conjunto de especies integradas en categorías taxonómicas superiores, filogenéticamente relacionadas que heredaron su morfología celular típica de ancestros muy antiguos que, por supuesto, ya contaban con ese mismo carácter fundamental, el núcleo o la falta de este. Se podía pensar que esta nueva clasificación morfológica era, genuinamente, natural.

André Lwoff y Édouard Chatton Archivo Histórico del Laboratorio Arago © UPMC-BUPMC

Édouard Chatton propuso la agrupación de los organismos según el tipo de célula. En su tratado *Títulos y trabajos científicos*, publicado en 1938, menciona que los protozoos, algas, plantas y animales pertenecen al grupo de los eucariontes; y las bacterias y cianofitas pertenecen a los procariontes. En realidad, Chatton, no se refirió a niveles taxonómicos superiores a los reinos; sin embargo, sentó las bases de la dicotomía biológica, basada en la diferencia de la organización celular.

▸▸ Nota

¿Cuál es la diferencia entre una célula procariota y eucariota?

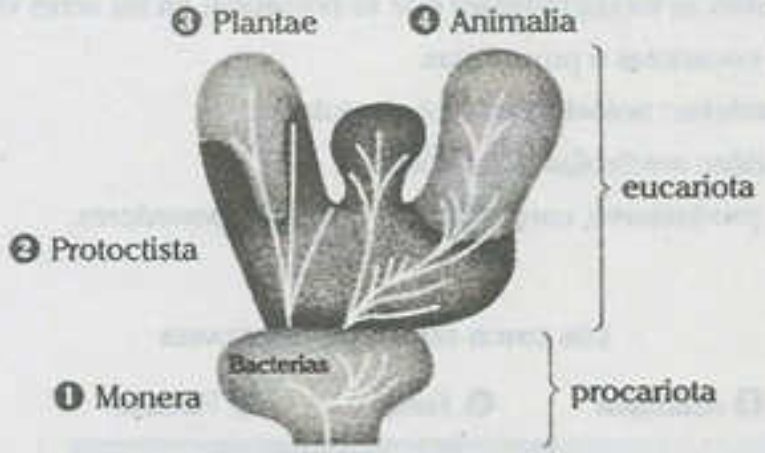
La principal diferencia radica en que en las células procariotas el material genético no está separado del citoplasma y las células eucariotas presentan el material genético organizado dentro de un núcleo y separado del citoplasma.

3▸ El cuarto reino por Herbert Copeland (1939)

Herbert Copeland

En 1939 cuando el biólogo estadounidense Herbert F. Copeland, incorporó la distinción fundamental de Chatton, procarionte y eucarionte, desarrollando cambios en el reino Protista para ubicar en este reino a la diversidad de especies de microorganismos eucariontes, (protozoo y algas) designándole a este reino el nombre de protoctista. Esta decisión aisló también a la diversidad de organismos procariontes, sugiriendo directamente la necesidad de crear un cuarto reino de seres vivos que incluyera a todos los organismos procariotas, designando así, el reino Monera para todas las formas bacterianas. Los miembros del reino monera pueden ser muy diversos en su forma y sus modos de vida. Sin embargo, poseen algunas características, tales como tener reproducción solo asexual, ser unicelulares, carecer de núcleo celular, poseer pared celular con mureína y presentar ADN circular disperso en el citoplasma. Por último, en el reino monera, Herbert Copeland incluyó a las bacterias y cianoficeas (cianobacterias)

Los cuatro reinos de Copeland



Copeland agrupó a las bacterias, carentes de núcleo, en el reino monera y denominó a los protistas como protoctistas.

4▸ Los cinco reinos de Robert H. Whittaker (1969)

Robert Whittaker

Hacia fines del XIX y casi durante todo el siglo XX, la hipótesis sobre el origen y evolución de los hongos estuvo basada principalmente en la morfología comparada. Tuvieron que transcurrir casi cuatro décadas para que Whittaker rompiera el esquema de los cuatro reinos y separara definitivamente a los hongos del reino Plantae a un nuevo reino denominado Fungi. Whittaker propuso el reino Fungi para todas las especies que poseían célula eucariota, pared celular quitinosa y que carecían de pigmentos fotosintéticos. Con esta nueva clasificación argumentó un mejor reflejo de las relaciones evolutivas. Reconoció la diferencias entre metabolismo autótrofo y heterótrofo; así como los modos de nutrición: absortivos e ingestivos. Rechazó que el origen de los hongos era a partir de las algas, afirmando que se originaron a partir de protistas flagelados primitivos.

Whittaker formalizó la separación de las especies bacterianas de la otra diversidad de especies de microorganismos nucleados y también le regresó al nombre Haeckeliano de protista para este reino. Esto significó que los protozoos y las algas unicelulares deben estar agrupados en el reino Protista. Por último las plantas y las macroalgas quedaron agrupadas en el reino Plantae.

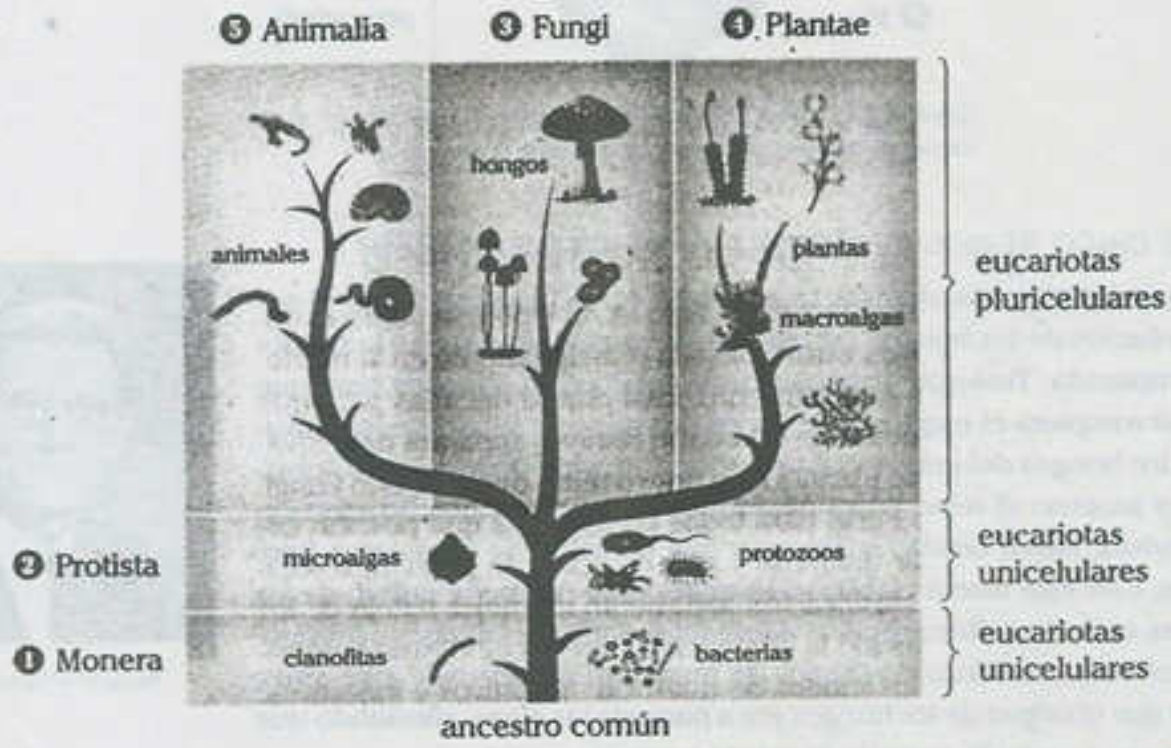
La clasificación de Whittaker de los cinco reinos estuvo formado de la siguiente manera:

- **Reino Monera:** Organismos procariotas, unicelulares y de nutrición autótrofa y heterótrofa.
- **Reino Protista:** Organismos eucariotas, unicelulares y de nutrición autótrofa y heterótrofa. Constituidos por los protozoos y microalgas.
- **Reino Fungi:** Organismos eucariotas pluricelulares, de nutrición heterótrofa y descomponedores. Constituido por los hongos.
- **Reino Plantae:** Organismos eucariotas pluricelulares y de nutrición autótrofas fotosintéticas. Constituidas por las plantas y macroalgas.
- **Reino Animalia:** Organismos eucariotas pluricelulares, de nutrición heterótrofa y de tipo consumidor.

Los criterios que utilizó Whittaker para clasificar a los seres vivos en cinco reinos estuvieron basados en cuatro características fundamentales que se presentan en los seres vivos:

- **El tipo de célula:** eucariotas o procariotas.
- **La organización celular:** unicelulares o pluricelulares.
- **El modo de nutrición:** autótrofos o heterótrofos.
- **El modo de vida:** productores, consumidores o descomponedores.

LOS CINCO REINOS DE WHITTAKER



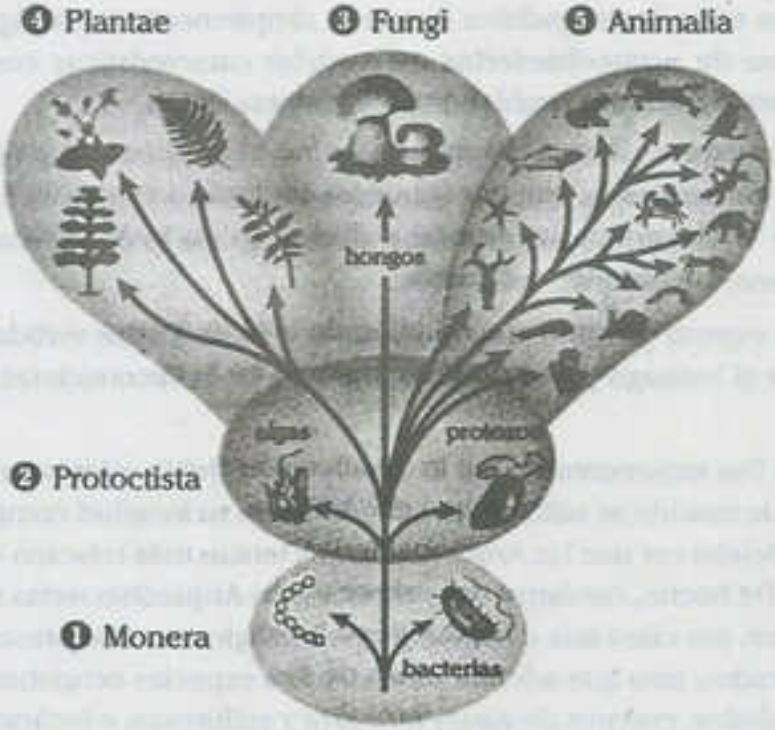
5▸ Los cinco reinos de Margulis y Schwartz (1985)

Lynn Margulis

En la década de los 80, las biólogas estadounidenses Lynn Margulis y Karlene V. Schwartz, tuvieron el influyente papel de popularizar y masificar la aceptación de la clasificación de los cinco reinos entre los biólogos y programas educativos de todos los niveles escolares del mundo. Esta clasificación resultó ser un referente práctico, didáctico y, a la vez, de relativa sencillez descriptiva. En su propuesta, renovada de la de Whittaker, se emplearon los siguientes nombres para los reinos: Monera (bacterias), Protoctista (protistas y algas), Fungi (hongos), Plantae y Animalia. Esta clasificación universal, todavía en uso, se basa en los conjuntos de características únicas, exclusivas de cada grupo biológico que distinguen a cada reino.

La propuesta de Margulis, a diferencia de Whittaker, fue el reagrupamiento de las algas pluricelulares en el reino Protista, ya que bajo el sistema de clasificación de Whittaker estos organismos fotosintéticos formaban parte del reino Plantae, mientras que las algas unicelulares pertenecían al reino Protista. Margulis en función a las semejanzas celulares, nutricionales y estructurales, vio conveniente agrupar a todas las algas en el reino Protista, porque todas las algas independientemente a su organización deberían estar en un solo reino, así que a este gran grupo lo denominó, el reino Protoctista, término que ya había sido utilizado por Herbert Copeland en su sistema de clasificación de los cuatro reinos.

Los cinco reinos de Margulis y Schwartz



Los cinco reinos de Margulis agrupa a todas las algas (unicelulares y pluricelulares) en el reino Protoctista.

6▸ Los tres dominios de Woese (1990)

Carl Woese

Un grupo de biólogos moleculares dirigidos por Carl Woese y George Fox, secuenciaron el gen del RNA ribosómico de la subunidad pequeña, de decenas de organismos correspondientes a una diversidad de especies y grupos biológicos distintos. De las secuencias de estos genes, comparando las posiciones idénticas, similitudes y diferencias a lo largo de las cadenas sencillas de nucleótidos, obtuvieron una extraña y novedosa topología del árbol universal, en la que tres grandes grupos biológicos eran distinguidos. Los tres grupos representados cada uno por una rama principal, se alejaban entre sí y se ubicaban casi a la misma distancia uno de los otros dos.

Lo verdaderamente extraordinario es que no se evidenciaba nada de lo antes sugerido a lo largo de la historia de las clasificaciones universales. No se observaba en esta nueva clasificación molecular a los cinco reinos de Whittaker, ni a los dos tipos celulares básicos de Haeckel y Chatton, sino que, por el contrario, las especies de procariontes se rompían en dos grupos distintos. Uno de estos grupos comprendía a las bacterias más comunes y ampliamente conocidas: las bacterias del suelo, las del agua, las del aire, las descomponedores, las que fotosintetizan y producen oxígeno, las que fijan nitrógeno en las raíces de las plantas, las que se usan en la producción de derivados de la leche, las que causan enfermedades en plantas y animales o que son sus simbiontes; este grupo fue rebautizado por ellos como **eubacterias**.

Por otro lado, el otro grupo contenía especies poco estudiadas de organismos productores de gas metano, grupo al que estos investigadores llamaron simplemente metanógenas y que más tarde recibieron el apelativo de **arqueobacterias**, por exhibir características como las que, presuntamente, debieron tener los primeros pobladores del planeta Tierra.

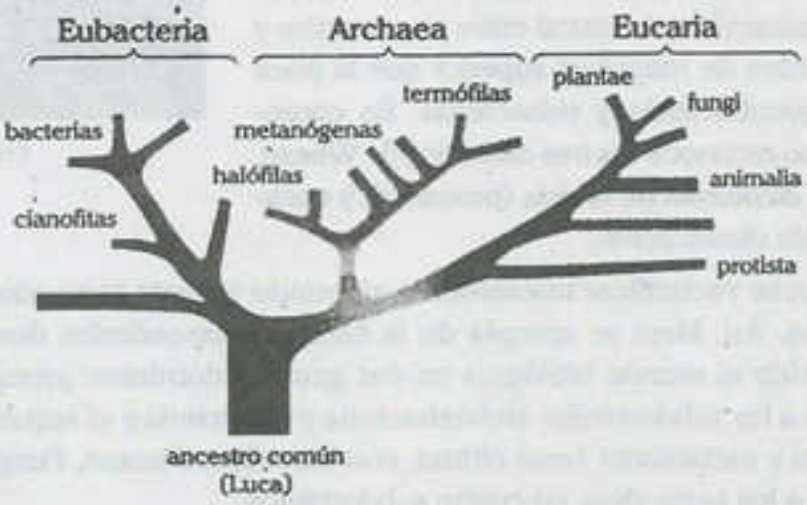
El tercer gran grupo resultante del análisis molecular fue el conjunto de grupos taxonómicos principales de organismos eucariontes, que por supuesto contiene a cuatro de los cinco reinos si se le mira con la visión de Whittaker; a este enorme y diverso grupo lo denominaron, muy a la manera de la tradición alemana, "urcarionte" o **Eucaria**.

El revuelo no se hizo esperar y pronto, una multitud de críticas fueron vertidas desde varios frentes para tratar de opacar el hallazgo y minimizar su impacto en la reconsideración de la clasificación universal.

En su favor, Woese y Fox argumentaron que la clasificación debía estar basada en múltiples caracteres, tal como sucede cuando se utiliza el gen del ARNr en su longitud completa, e insistieron que su descubrimiento, dejaba ver que las Arqueobacterias tenían más relación con las Eucariotas que con las Eubacterias. De hecho, conforme más especies de Arqueobacterias se fueron conociendo, en la década siguiente, era claro que el nuevo grupo biológico no solo presentaban metabolismos novedosos y complicados, sino que además varias de sus especies ocupaban hábitat extremos, tales como los lagos salados, cuerpos de aguas termales y sulfurosas, e incluso, las ventilas o chimeneas submarinas a grandes profundidades, elevadas presiones atmosféricas y altas temperaturas.

Todo esto, reforzó la idea de que se estaba tratando con formas de vida muy antiguas que habían mantenido un estilo de vida primitiva. En el influyente artículo de 1990, Woese y colaboradores lanzaron definitivamente el golpe doble que estaban tramando desde el descubrimiento de las metanógenas: la propuesta para reestructurar la clasificación universal de la vida, reemplazando al esquema de los cinco reinos y, de paso, a la dicotomía procarionte-eucarionte, por un sistema basado en tres dominios: eubacteria, archaea y eucaria.

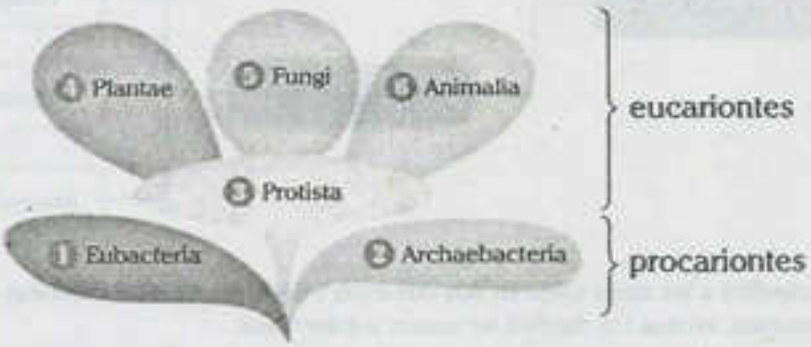
LOS TRES DOMINOS PROPUESTO POR CARL WOESE



Carl Woese propuso la clasificación de los seres vivos en tres dominios y se basó en la secuencia molecular del ARNr 16s de la subunidad ribosómica menor de procariotas y 18s de eucariotas.

Los grupos archaea y bacteria son considerados por otros autores como reinos junto con plantas, animales, hongos y protistas, lo que constituye el sistema de seis reinos, sistema que se ha convertido en estándar en muchas obras y libros educativos. Los seis reinos son atribuidos a Woese, pero en realidad por una tangencial interpretación, ya que él hablaba en realidad de tres reinos primarios o superreinos. La archaea y bacteria están considerados como dominios, pero su trato también es de reino, pues se subdividen siempre en filos. Estas anteriormente eran catalogados como organismos del reino Monera, pero a partir de los años 80 se encontró una diferencia principalmente en la estructura de pared y membranas celulares lo cual hace que se divida en dos nuevos grupos y así finalmente en un sistema de seis reinos.

CLASIFICACIÓN DE LOS SERES VIVOS EN SEIS REINOS



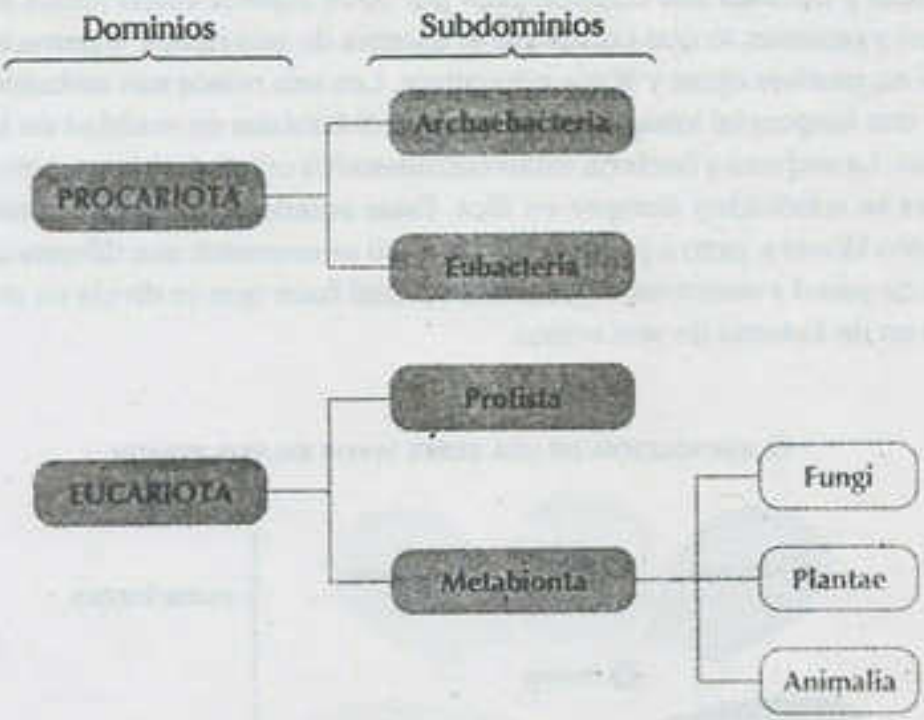
7▸ Los cuatro subdominios de Mayr (1990)

Ernst Mayr argumentó que la falta de balance previamente existente en la clasificación de los cinco reinos fue reemplazada por la desequilibrada iniciativa de Woese y colaboradores. Mayr señaló que, al utilizar únicamente las diferencias en las secuencias del ARNr, simplemente se ignora el enorme paso evolutivo desde los procariontes a los eucariontes y que la diferencia en organización estructural entre procariontes y eucariontes es un orden de magnitud superior que la poca diferencia entre arqueobacterias y eubacterias. En consecuencia, Ernst Mayr no reconoce los tres dominios de Woese, pero si considera la dicotomía de la vida (procariota y eucariota) en su sistema de clasificación.

Ernst Mayr

Por lo anterior, propone reclasificar nuevamente al mundo viviente tomando en cuenta esa consideración cualitativa. Así, Mayr se apropia de la categoría taxonómica dominio propuesta por Woese y sugiere dividir al mundo biológico en dos grandes dominios: procariota y eucariota. El primero que incluye a los subdominios archaebacteria y eubacteria y el segundo que incluye a los subdominios protista y metabionta (este último, con los reinos Plantae, Fungi y Animalia). Por lo tanto, Mayr clasificó a los seres vivos en cuatro subdominios.

Los cuatro subdominios de Ernst Mayr



Mayr clasificó a los seres vivos en dos dominios y cada una de ellas divididas en dos subdominios, así que los clasificó en cuatro subdominios.

8▸ Los dos superreinos de Margulis y Schwartz (1998)

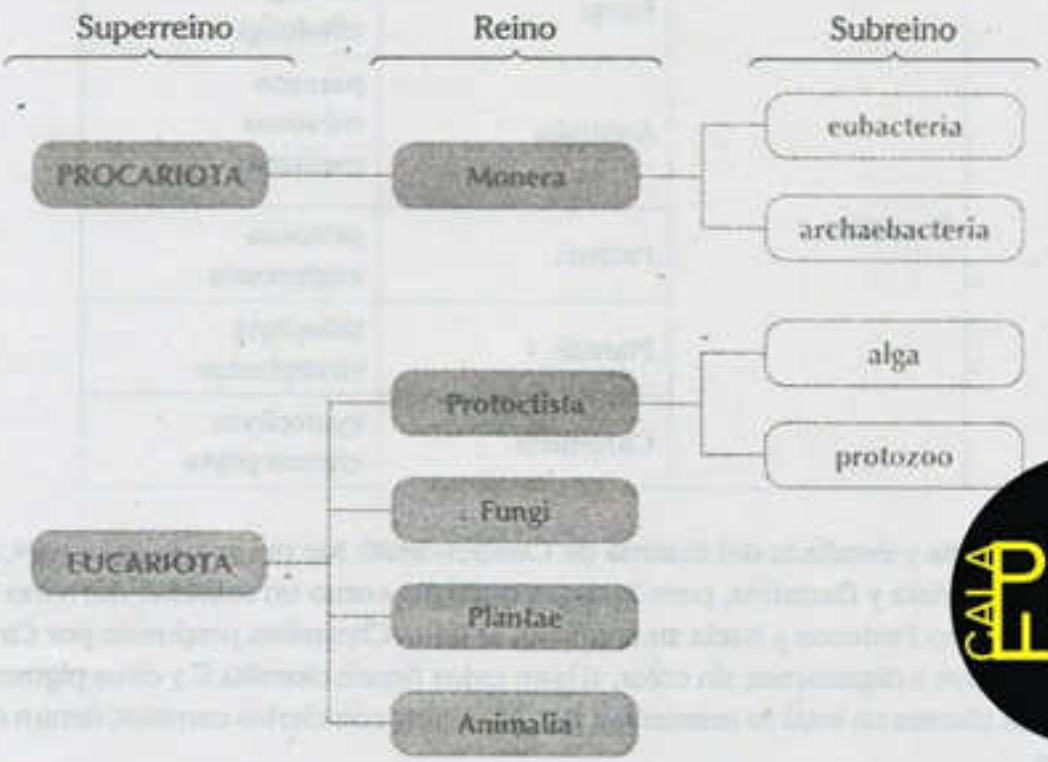
Lynn Margulis no podía dejar de hacer sentir su enorme influencia en la sistemática de los seres vivos. Ella contrapuso una figura retórica de matices evolutivos para ganar la batalla contra el sistema de los tres dominios.

Primeramente, se refugió en la distinción básica de Chatton argumentando que todos los seres vivos se componen de células procariotas y eucariotas. Junto con Schwartz, se apoyaron sobre el más probable origen de las células eucariotas, a partir de la fusión de dos organismos de distintas especies, pertenecientes una al grupo de las arqueobacterias y la otra al de las eubacterias y, entonces, toma la ofensiva contra el sistema no morfológico de Woese que ignora la importancia evolutiva de la endosimbiosis.

Pero en las bacterias y las endosimbiosis protistas irreductiblemente subyacen las transiciones evolutivas desde los procariontes a los eucariontes. Finalmente Margulis, señaló sobre el reduccionismo del análisis de las especies de seres vivos a partir de un solo gen compartido entre todos los organismos y en el trabajo de unos pocos hombres, en comparación a los miles de investigadores que por más de doscientos años trabajaron en la reconstrucción evolutiva detallada de la historia de los seres vivos.

Con la intención de regresar a la distinción básica de Chatton, reestructuraron el sistema de cinco reinos para concluir que no hay tres dominios, sino dos superreinos o dominios, de acuerdo a su propia nomenclatura; por un lado el superreino Procariota, con el único reino Monera y dos subreinos, eubacteria y archaebacteria y, por el otro lado, el superreino eucariota, dividido en los cuatro reinos restantes, Protoctistas, Fungi, Plantae y Animalia.

Los dos superreinos y cinco reinos de Margulis y Schwartz



Margulis clasificó a todos los seres vivos en dos supercategorías: Procariota y Eucariota.

9▸ Los dos suprarreinos y seis reinos de Cavalier-Smith (1998)

Thomas Cavalier-Smith

Thomas Cavalier-Smith consideró que la nomenclatura biológica, propuesta por Woese de que los eucariontes sean nombrados eukarya y que las arqueobacterias sean nominadas archaea, era una tendencia ilógica debido a que ambos nombres tienen una implicancia taxonómica y evolutiva que representa toda una relación filogenética a lo largo de miles de millones de años.

El descubrimiento de nuevas especies, la composición de sus genomas y las modernas técnicas de biología molecular, entre otras, han permitido establecer nuevas relaciones de descendencia entre los seres vivos. Una de las propuestas de clasificación reciente es la de Cavalier-Smith de 1998, que propone la existencia de dos grandes suprarreinos que englobarían seis reinos, aunque esta clasificación todavía está sujeta a discusión.

El suprarreino procariota incluiría el reino Bacterias, y el suprarreino eucariota se subdividiría en cinco reinos: Protista, Chromista, Fungi, Plantae y Animalia. Así, Cavalier-Smith propone la existencia de un nuevo reino, el Chromista, que incluye algunos organismos anteriormente englobados en los reinos Protista y Fungi, como las algas y mohos respectivamente.

LOS SEIS REINOS DE THOMAS CAVALIER-SMITH

Suprarreino	Reino	Subreino
Procariota	Bacteria	eubacteria archaebacteria
Eucariota	Fungi	eufungi ciliofungi
	Animalia	parazoa mesozoa metazoa
	Protista	protozoa euglenozoa
	Plantae	biliophyta viridiplantae
	Chromista	cyptophyta chromophyta

La versión mejorada y detallada del sistema de Cavalier-Smith fue publicada en el 2004, conservaba los imperios Procariota y Eucariota, pero Archaea quedaba como un subreino del reino Bacteria, se reintroducía el reino Protozoa y hacía su aparición el reino Chromista propuesto por Cavalier-Smith en 1981 que incluye a organismos sin color, si bien todos tienen clorofila C y otros pigmentos que no se hallan en las plantas en total se mantenían los seis reinos con ciertos cambios dentro de cada uno de los reinos.

10▸Sistema del catálogo de la vida y los siete reinos (2015)

Michael Ruggiero

Una de las clasificaciones más recientes fue propuesta por Ruggiero y colaboradores, Sistema del catálogo de la vida (2015). Proyecto de clasificación de los seres vivos que tuvo sus inicios en el 2001.

Este sistema constituye una clasificación consensuada para más de 1,6 millones de especies con información proporcionada por más de 3.000 taxonomistas de todo el mundo y catalogada en el CoL (Catalogue of Life). Esta clasificación es una visión taxonómica práctica dada por la opinión de los expertos. Además de ser un sistema completo y moderno.

Según el Sistema del catálogo de la vida, los siete reinos son Bacteria, Archaea, Protozoa, Chromista, Fungi, Plantae y Animalia. Agrupados los dos primeros en el superreino Procariota y el resto en el superreino Eucariota.

Sistema del catálogo de la vida

El Sistema del catálogo de la vida en el 2017 registró 1,7 millones de especies, en el 2018 registró 1,8 millones de especies y en el 2019 registró 1,9 millones de especies de seres vivos.

10.1. Suprarreino Procariota

- **Reino Bacteria:** Son microrganismos procariotas unicelulares con pared celular de peptidoglucano.
- **Reino Archaea:** Son microorganismos procariotas unicelulares extremófilas con pared diferente al peptidoglucano.

10.2. Suprarreino Eucariota

- **Reino Plantae:** Son organismos fotosintéticos eucariotas pluricelulares, sin actividad locomotora y pared celular de celulosa.
- **Reino Protozoa:** Son organismos eucariotas microscópicas unicelulares y heterótrofos a veces mixótrofos.
- **Reino Fungi:** Son organismos eucariotas heterótrofos unicelulares y pluricelulares caracterizados principalmente por la pared celular de quitina.

- **Reino Chromista:** Es un grupo eucariota muy variado, probablemente polifético, que incluye organismos unicelulares y pluricelulares. La mayoría tienen capacidad fotosintética, cloroplastos y pared celular generalmente de celulosa.
- **Reino Animalia:** Son organismos eucariotas heterótrofos pluricelulares, con actividad locomotora y sin pared celular.

twitter.com/calapenshko

Sistema del catálogo de la vida

Con los datos del Sistema del catálogo de la vida y buena parte de los postulados de Cavalier-Smith, Ruggiero y colaboradores propusieron de nuevo la separación de bacterias y archaeas en dos reinos distintos, el reino Bacteria y el reino Archaea y así se llegó al sistema de los siete reinos actuales.

Gran parte de la información del Sistema del catálogo de la vida es almacenar el conocimiento sistematizado de la biodiversidad de especies para compartirla con otras instituciones a nivel mundial como el sistema integrado de la información taxonómica, la infraestructura mundial de información de biodiversidad, el archivo europeo de nucleótidos, la enciclopedia de la vida, el consorcio europeo para el código de barras de la vida y la lista roja de la UICN.

Nota

La clasificación de los siete reinos utilizó la información taxonómica del Sistema del catálogo de la vida, conocido como Col, y el Sistema Integrado de la Información Taxonómica (ITIS), el proyecto inició en el año 2001.

11 ▸ El futuro de los sistemas de clasificación: ¿fragmentación o minimalismo?

En años recientes, dos científicos rusos, especialistas ambos en biología marina, fueron los responsables de las propuestas más extremas: por un lado, Anatoliy Leonidovich Drozdov, quien de plano asegura que los cinco reinos de Whittaker son inaceptables a la luz del actual conocimiento sobre los seres vivientes. Drozdov dividió a los seres vivos en 26 reinos.

En las antípodas del sistema de Drozdov, se halla su colega Alexey Shipunov, quien apenas en 2009 lanzó su clasificación minimalista, aunque ni tanto, ya que está llena de dominios, infrarreinos, superphylum y subphylum, de cuatro reinos: Monera con los subreinos o dominios Bacteria y Archaea, Protista, Vegetabilia y Animalia.

En las fronteras de todas y cada una de las clasificaciones taxonómicas tenemos incómodas estructuras subcelulares cuya inclusión como "seres vivientes" no es posible; estamos hablando acerca de los virus, que no son organismos celulares y por lo tanto no forman parte de ninguno de los sistemas de clasificación de los seres vivos explicados aquí. Sin embargo, los virus junto a los plásmidos, viroides y priones tienen su propio sistema de clasificación dentro de un gran imperio o dominio denominado acytota.

Así, todo parece indicar que las guerras taxonómicas sobre la clasificación de los seres vivos continuarán, dado que los límites de los imperios, dominios y reinos de la Tierra viviente están muy lejos de haberse establecido definitivamente. Y es que, ¿acaso podría ser de otra forma, en virtud de que tratamos con la riqueza de la vida misma?

Se ha vuelto a proponer este término para evitar la polémica que causa considerar a los virus y a los agentes subvirales como seres vivos, puesto que, aunque contienen información genética (excepto los priones) y son capaces de replicación, ninguno de ellos contiene células, es decir, son acelulares (de ahí el término acytota).

Para que pudieran considerarse seres vivos tendrían que pasar la prueba de la teoría celular, la cual establece lo siguiente:

- La célula es la unidad básica y estructural de los seres vivos; todos los organismos están compuestos por células.
- Todas se forman por la división de células preexistentes. Cada una contiene material genético que se transmite.
- Toda función química y fisiológica básica ocurre en el interior de la célula.
- Las células contienen información hereditaria indispensable para regular sus funciones y ser transmitida a las siguientes generaciones.

Entre las razones por las que no se considera a este imperio como vivo, además de la prueba de teoría celular, se citan el que necesitan reproducirse dentro de una célula huésped, además no pueden realizar ningún intercambio proteínico fuera de una célula huésped, ni de ADN y ARN, y que también, por ejemplo, un virus no puede entrar en un huésped sin inducirle una enfermedad o una mutación.

¿Cuál es el ancestro común de todos los seres vivos?

Los científicos creen que el origen de toda la vida terrestre surgió una sola vez, en forma de un primitivo microbio.

Todos los seres vivos del planeta poseemos un patrimonio genético común. Los humanos, por ejemplo, compartimos más del 99% del genoma con los chimpancés, pero también la mitad con los plátanos. Esto ha permitido a los expertos deducir que la vida en la Tierra tuvo el mismo origen –esto es, surgió una sola vez– y que debe existir un único antepasado de todos los organismos que la habitan, desde las bacterias hasta las ballenas azules. Este ancestro universal se conoce como LUCA, acrónimo en inglés de *last universal common ancestor*. Los investigadores piensan que pudo surgir en ambientes semejantes a los géiseres y fuentes geotermales del Parque Yellowstone, en Estados Unidos.

Geotermales del Parque Nacional de Yelowstone, Estados Unidos

Como su nombre indica, se trata del último antepasado común a todas las formas de vida, pero no representa el estadio más temprano de la evolución. Es más, lo que sucedió antes de él es algo que todavía no conocemos muy bien. Por otro ladó, que todos los seres vivos compartan el mismo código genético no nos dice nada sobre la naturaleza de LUCA.

Podríamos partir de este supuesto: ¿qué rasgos son comunes a toda la vida celular? Para determinarlo, quizá deberíamos comparar los genomas representativos de los tres dominios naturales: arqueas, bacterias y eucariontes. Los genes que sean comunes a todos ellos también habrían estado presentes en LUCA. Pero esto es más fácil decirlo que hacerlo. Un problema es que los genes se mueven de un organismo a otro, en un proceso denominado transferencia horizontal. Por ejemplo, hace 100 millones de años la bacteria Escherichia coli adquirió al menos un 10% del genoma a través de más de doscientos eventos de este tipo.

Adaptado de <https://www.muyinteresante.es/>

Preguntas resueltas

Pregunta 1

Los hongos son organismos eucariotas y presentan una nutrición heterótrofa, además, descendieron de los protozoarios. Bajo la propuesta de Whittaker constituyen el reino

A) Protista. B) Monera. C) Chromista.
D) Fungi. E) Archaea.

Resolución

Whittaker fue quien propuso el quinto reino denominado Fungi, y está conformado por los hongos. Anteriormente se encontraban agrupados dentro del reino Plantae, pero por la ausencia de clorofila, pared celular [illegible], y su forma de nutrición heterótrofa absortiva tuvieron que ser agrupados en un nuevo reino.

Clave D

Pregunta 2

Ruggiero y colaboradores propusieron de nuevo la separación de bacterias y archaeas en dos reinos distintos, el reino Bacteria y el reino Archaea, y así se llegó al sistema de los ..... actuales.

A) tres reinos
B) tres dominios
C) cuatro reinos
D) dos imperios
E) siete reinos

Resolución

El Sistema del catálogo de la vida propuso volver a separar las eubacterias y archaebacteria en dos reinos diferentes, debido a sus diferencias estructurales, fisiológicas y genéticas, por lo tanto, bajo este sistema están agrupados en los reinos Bacteria y Archaea respectivamente, sumando así de seis reinos de Cavalier-Smith a los siete reinos de Ruggiero.

Clave E

Pregunta 3

Relacione correctamente sobre los reinos en el sistema de clasificación de los seres vivos y los científicos que lo propusieron.

I. Whittaker
II. Cavalier-Smith
III. Haeckel
IV. Copeland
a. Protista
b. Monera
c. Fungi
d. Chromista

A) Ia, IIb, IIIc, IVd
B) Ic, IId, IIIa, IVb
C) Ic, IId, IIIb, IVa
D) Ic, IIb, IIIa, IVd
E) Ia, IIb, IIIc, IVd

Resolución

Es importante destacar que con el desarrollo de la microscopía, las técnicas comparativas de la genética, el proceso de la evolución y los hallazgos fósiles fueron reagrupando a los seres vivos en nuevos reinos. Haeckel propuso el reino Protista; Copeland, el Monera; Whittaker, el Fungi, y Cavalier-Smith, el Chromista.

Clave B

Lumbreras Editores

Lea el siguiente texto y, a continuación, responda las preguntas 4 y 5.

Ernst Haeckel propuso a finales del siglo XIX un reino, aparte de los animales y plantas, denominado Protista, que estaba constituido por organismos unicelulares (protozoos y bacterias). Sin embargo, el propio Haeckel, gracias al avance de las técnicas de microscopia reconoció que las bacterias eran profundamente distintas de los protozoos.

Pregunta 4

Según el texto, es incorrecto afirmar que el reino protista está constituido

A) por organismos unicelulares.
B) solo por protozoos.
C) por protozoos y bacterias.
D) por organismos diferentes a las plantas y animales.
E) solo por organismos microbianos.

Resolución

La propuesta que planteó Haeckel, en 1886, fue que un nuevo reino este integrado por todos los microorganismos agrupándolos en el reino Protista. Sin embargo, había encontrado diferencias entre los dos grupos presentes; protozoo y bacterias.

Clave B

Pregunta 5

El tema del texto está relacionado con

A) las diferencias entre bacterias y protozoos.
B) las semejanzas entre bacterias y protistas.
C) la propuesta de agrupar a los hongos en el reino Protista.
D) la creación de un tercer reino diferente a los animales y plantas.
E) las semejanzas entre protozoos y bacterias.

Resolución

Ernst Haeckel propone en 1866 el tercer reino al cual lo denominó Protista y agrupó a todos los microorganismos, seres vivos que eran diferentes a los animales y las plantas.

Clave D

Pregunta 6

El Sistema del catálogo de la vida es la clasificación más reciente propuesta en el año 2015 por Ruggiero y colaboradores acerca de los siete reinos. Uno de estos reinos está formado por microorganismos procariotas unicelulares con una composición de lípidos de membrana diferente a las bacterias y con intrones en su ARNr que no se encuentran en bacterias ni en eucariotas. ¿A qué reino hace referencia la información anterior?

A) Monera B) Protista C) Archaea
D) Chromista E) Metabionta

Resolución

En el sistema de clasificación de Whittaker, las archaebacterias, a la que se hace mención en el problema, se encuentran en el reino Monera, pero con el planteamiento de los tres dominios de Woese son separados de las eubacterias en reinos diferentes, esa misma propuesta fue considerado en el Sistema del catálogo de la vida, en donde estos microorganismos formen un reino aparte denominado Archaea.

Clave C

Lumbreras Editores

Pregunta 7

Según la propuesta de clasificación de los seres vivos de Margulis y Schwartz de 1995, las macroalgas verdes, pardas y rojas se agrupan en el reino

A) Protista. B) Chromista. C) Protoctista.
D) Plantae. E) Monera.

Resolución

Margulis y Schwartz reestructuraron el sistema de clasificación de cinco reinos de Whittaker, haciéndolo un poco más sencillo y entendible, ya que agrupa a las algas unicelulares y pluricelulares junto con los Protozoos en el reino Protoctista. Eso quiere decir que el nombre de Protista fue cambiado por Protoctista.

Clave C

Pregunta 8

Whittaker agrupó, en su sistema de clasificación de cinco reinos, a las plantas, hongos y animales en tres reinos diferentes. Sin embargo, estos tres reinos tienen en común ser organismos

A) autótrofos.
B) heterótrofos.
C) pluricelulares.
D) unicelulares.
E) procariotas.

Resolución

La propuesta de Whittaker de los cinco reinos aun es considerado, en el estudio de la diversidad biológica, en muchas instituciones educativas; ya que considera las características que relacionan a los seres vivos, por ejemplo los reinos monera y protista los agrupó juntos en base a su organización unicelulares y los reinos Fungi, Plantae y Animalia sobre los anteriores, ya que son pluricelulares.

Clave C

Pregunta 9

Las bacterias fueron separadas del reino Protista para constituir un nuevo reino denominado Monera. ¿Cuál fue el principal criterio para separarlo en un nuevo reino?

A) Poseer pared celular.
B) Carecer de núcleo celular.
C) Tener ribosomas 80S.
D) Carecer de ADN circular.
E) Poseer muchos flagelos.

Resolución

Una de las características citológicas que diferencia a los organismos unicelulares es la presencia de núcleo. Copeland consideró esta característa para agrupar a todas las bacterias en el cuarto reino denominado Monera.

Clave B

Pregunta 10

Bajo la propuesta de los 7 reinos del Sistema del catálogo de la vida, las arqueobacterias presentan estructuras que lo diferencian de los demás seres vivos y establecieron para estos microorganismos la formación de un nuevo

A) dominio. B) género. C) reino.
D) phylum. E) subreino.

Resolución

Las arqueobacterias bajo el sistema de clasificación de los siete reinos constituyen un nuevo reino denominado Archaea. Este reino está formado por microorganismos extremófilos que habitan zonas geográficas donde no prosperan otras formas de vida.

Clave C

Lumbreras Editores

Preguntas propuestas

1. Aristóteles clasificó a los seres vivos en dos reinos: el Animalia y el Vegetabilia, en el primero agrupó a todos los animales y en el segundo a todas las plantas. Sin embargo, a los animales los dividió en aquellos que tenían sangre roja y los que tenían sangre de otro color. ¿Cuáles fueron los nombres que Aristóteles dominó a estos dos grupos de animales, respectivamente?

   A) vertebrados y invertebrados
   B) procariotas y eucariotas
   C) enaima y anaima
   D) eucariota y procariota
   E) tetrápodo y molusco

2. La escala de la naturaleza representa un sistema de clasificación artificial en forma de escalera que fue propuesto por Aristóteles y que agrupó los seres inanimados y animados en tres reinos: mineral, vegetal y animal. ¿Qué seres agrupó en la base y cúspide de la escala de la naturaleza, respectivamente?

   A) minerales y vegetales
   B) animales y humano
   C) vegetales y animales
   D) minerales y humano
   E) humano y minerales

3. El descubrimiento de organismos microscópicos que no encajaban ni en el reino animal ni vegetal hizo posible que en 1866, Ernst Haeckel los clasificara en un tercer reino denominado

   A) Monera.
   B) Protista.
   C) Fungi.
   D) Protozoa.
   E) Chromista.

4. El uso del microscopio electrónico en el estudio de los organismos unicelulares permitió descubrir microorganismos sin núcleo celular. Lo cual determinó a que el científico Herbert Copeland introduzca al sistema de clasificación el cuarto reino denominado

   A) Protista.
   B) Protoctista.
   C) Monera.
   D) Archaea.
   E) Cianofita.

5. El científico estadounidense Robert Whittaker propuso la clasificación de los seres vivos en cinco reinos, agrupando a los hongos en el reino Fungi. ¿Cuáles fueron las características que consideró Whittaker en su sistema de clasificación?

   I. organización celular: unicelular y pluricelular
   II. forma de nutrición: autótrofa y heterótrofa
   III. tipo de células: procariota y eucariota

   A) solo I B) solo III C) I y II
   D) II y III E) I, II y III

6. Lynn Margulis realizó algunas modificaciones al sistema de clasificación de los cinco reinos de Whittaker agrupando a todas las algas dentro del reino Protista y renombrándolo con el término que acuñó Hogg, denominado

   A) Fungi.
   B) Protoctista.
   C) Monera.
   D) Chromista.
   E) Protozoa.

Lumbreras Editores

7. El considerar la dicotomía de la vida en dos dominios, procariota y eucariota, fue propuesto por

A) Herbert Copeland.
B) Robert Whittaker.
C) Thomas Cavalier-Smith.
D) Édouard Chatton.
E) Ernst Haeckel.

8. El sistema de los tres dominios para el sistema de clasificación de los seres vivos fue propuesto por Woese y estuvo basado en el estudio del gen del ARNr en su longitud completa, e insistieron que su descubrimiento dejaba ver que las arqueobacterias tenían más relación con las eucariotas que con las eubacterias. ¿Quién fue el científico que propuso el sistema de clasificación de un ancestro común con tres ramas fundamentales o dominios?

A) Karl von Linneo
B) Ernst Haeckel
C) Édouard Chatton
D) Carl Woese
E) Thomas Cavalier-Smith

9. El sistema de los tres dominios propone que todos los seres vivos se encuentren clasificados en los dominios eubacteria, archaea y eucaria. ¿Qué organismos se clasifican en el dominio Archeobacteria?

I. metanógenas
II. termófilas
III. cianofitas
IV. halófilas

A) solo I B) solo III C) I y II
D) I, II y III E) I, II y IV

10. La división del reino Protista en los reinos Protozoa y Chromista fue propuesto en 1998 por

A) Ernst Haeckel.
B) Carl Woese.
C) Thomas Cavalier-Smith.
D) Lynn Margulis.
E) Édouard Chatton.

11. Las cianofitas son procariotas con capacidad fotosintética, algunas de ellas asimilan nitrógeno atmosférico. Estos organismos se encuentran entre los más antiguos conocidos, existiendo depósitos fósiles de hace 3000 millones de años. ¿A qué reino pertenecen estos organismos procariotas según la propuesta de Whittaker?

A) Archaea
B) Bacteria
C) Monera
D) Eubacteria
E) Procaria

12. Es el primero de los reinos eucariotas, donde los organismos que lo integran son unicelulares, poseen núcleo verdadero, organelas membranosas y pueden tener clorofila o de lo contrario ser fagótrofos. Según el sistema de clasificación de Whittaker se los agrupa en el reino

A) Protozoa.
B) Fungi.
C) Chromista.
D) Protoctista.
E) Protista.

Lumbreras Editores

13. La clasificación de los seres vivos a contado con el aporte de varios científicos a lo largo de cientos de años, que iban descubriendo especies diferentes a los animales y plantas, sumando nuevos reinos al sistema de clasificación. Marque la alternativa correcta con respecto al científico y el reino que propuso.

A) Ernst Haeckel: Fungi
B) Robert Whittaker: Protista
C) Thomas Cavalier: Monera
D) Lynn Margulis: Procariota
E) Copeland: Mõnera

14. Bajo la propuesta de Ernst Haeckel, en 1866, las bacterias fueron agrupadas en un reino de organismos unicelulares denominado

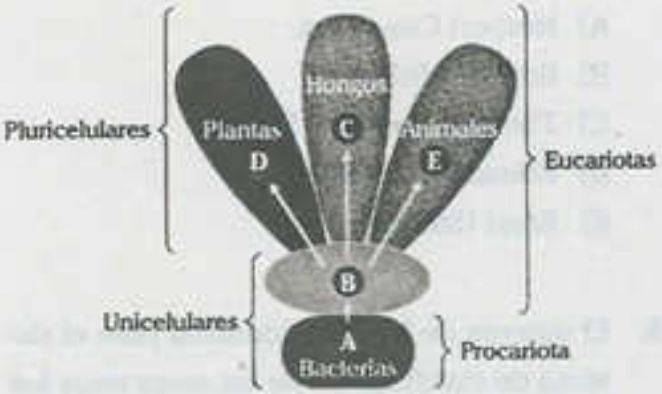
A) Fungi.
B) Protista.
C) Monera.
D) Archaea.
E) Eubacteria.

15. Con respecto al sistema de clasificación de los seres vivos, indique los enunciados correctos.

I. El reino Fungi fue propuesto por Robert Whittaker.
II. Los tres dominios en la agrupación de los seres vivos fue propuesto por Woese.
III. El reino Protista de Whittaker agrupa a los protozoos y algas unicelulares.
IV. El reino Chromista de Cavalier-Smith agrupa a los hongos y protozoarios.

A) I y II B) I, II y III C) I, III y IV
D) II, III y IV E) I, II, III y IV

Respecto al siguiente gráfico, que corresponde al sistema de clasificación de los cinco reinos de Whittaker, responda las preguntas 16 y 17.



16. Considerando a los organismos unicelulares, indique los enunciados correctos.

I. A corresponde al reino Monera.
II. B está formado por algas unicelulares y protozoos.
III. B corresponde al reino Protoctista.

A) solo I
B) solo II
C) I y II
D) II y III
E) I, II y III

17. Con respecto a los organismos eucariotas, indique los enunciados correctos.

I. C corresponde a seres del reino Fungi.
II. D, C y E corresponden a seres pluricelulares.
III. B corresponde al reino Protista.

A) solo I
B) solo II
C) I y II
D) II y III
E) I, II y III

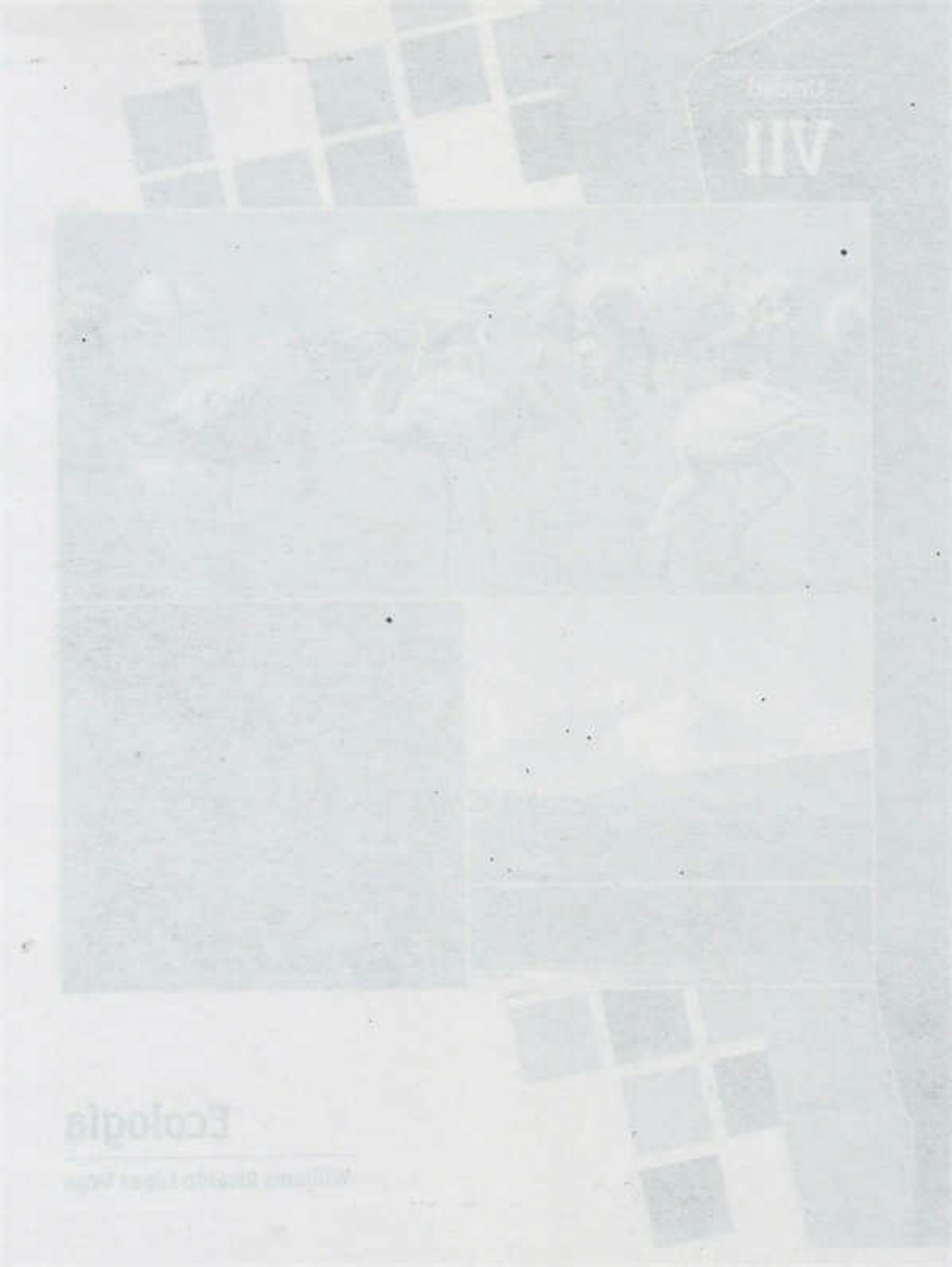
Lumbreras Editores

Unidad

VII

Ecología

Williams Ricardo López Vega



CAPÍTULO XXII

CONCEPTOS BÁSICOS DE ECOLOGÍA

Objetivos

- Comprender la relación que existe entre las características específicas de los organismos y el ambiente.
- Entender que la organización ecológica es producto de la evolución.
- Identificar las distintas formas en que se manifiestan las adaptaciones a las condiciones físico-químicas del medio.

Introducción

El universo, la Tierra y todo lo que habita en ella son las manifestaciones de un proceso largo y lento de evolución, que se ha dado y se evidencia en todo momento. En ese proceso, los seres vivos se han originado y evolucionado, en relación íntima, con las condiciones que la propia formación terrestre ha estado experimentando. Por ello, al estudiar la organización de la ecosfera no se debe emplear un enfoque aislado, sino integral u holístico, entendiendo que los cambios ocurridos en las condiciones de la Tierra han influido directa o indirectamente sobre las características de los seres vivos y que las múltiples formas vivas también han ejercido un efecto modificador sobre las características del planeta.

El estudio analítico de la ecología requiere considerar a los ecosistemas con un alto grado de organización, y con niveles jerárquicos constituidos por el individuo, sus poblaciones y la comunidad. Debido a los diversos enfoques requeridos para el estudio de los organismos en el medio ambiente, la ecología se apoya en la climatología, la hidrología, la oceanografía, la física, la química, la geología, el análisis de suelos, entre otros. Igualmente, integra disciplinas científicas tan distintas como la morfología, la fisiología, la embriología, la genética, la taxonomía, la paleontología, la anatomía, la citología, la histología, las matemáticas, la botánica y la zoología.

El estudio holístico de la ecología conlleva también a comprender cómo el hombre, durante su evolución social, ha influido en las condiciones de la Tierra y sus ambientes, modificando las condiciones naturales al obtener recursos para su propia subsistencia y, en las últimas centurias, en el sistema económico capitalista, ya que los grupos de poder sobreexplotan los recursos, condenan de este modo a muchas especies hacia la extinción y colocan en peligro la propia existencia del hombre.

1▸ Definición

En 1869, el zoólogo alemán y darwinista, Ernst Haeckel, acuñó por primera vez el término *oekologie* (del griego *oikos*, 'casa' y *logos*, 'tratado, estudio') para referirse a la ciencia de las relaciones de los organismos con su ambiente, incluidas, en sentido amplio, todas las condiciones de existencia, las cuales determinan su distribución y abundancia. La ecología tiene sus más profundas raíces en la historia natural, su desarrollo adquiere gran impulso debido al evolucionismo moderno y la búsqueda permanente de formas cada vez más eficientes, en el aprovechamiento económico de los recursos de flora y fauna. La ecología es el campo más amplio de la biología y los fenómenos o procesos que se deseen explicar científicamente requieren un enfoque evolutivo.

Su carácter integral se manifiesta por sus vínculos con muchos otros aspectos de la ciencia, estos incluyen estudios sobre transmisión de información entre organismos, análisis de la transferencia de energía para la vida, estudio matemático de las poblaciones, influencia de las condiciones del medio en la salud humana y otros tópicos de la geología, química, oceanografía, climatología y meteorología que resultan de suma importancia para la ecología, especialmente cuando se analiza el ambiente abiótico de la Tierra.

Debido a que los humanos forman parte de la red de vida en la Tierra, todas sus actividades, incluidas las económicas y políticas, conllevan profundas implicaciones ecológicas. Actualmente, el alcance aplicativo de la ecología está muy involucrado en el conocimiento de la distribución de los recursos naturales para su aprovechamiento, estudio, monitoreo y remediación del impacto ambiental mediante proyectos productivos, preservación de la biodiversidad, etc.

2▸ Conceptos básicos

2.1. Ecosistema

Unidad básica de estudio de la ecología, es un sistema complejo en el que interactúan los seres vivos entre sí y con el conjunto de factores no vivos que forman el ambiente. Los ecosistemas naturales no tienen límites definidos y nunca están del todo aislados. Muchas especies son parte de dos o más ecosistemas al mismo tiempo, o se trasladan de uno a otro como ocurre con las aves migratorias. Independiente de su tamaño, la dinámica de un ecosistema implica el flujo de energía y el reciclamiento de materia entre sus componentes.

2.2. Biotopo

Es el componente no vivo (abiótico) o fisicoquímico del ecosistema, conformado por las condiciones del clima, suelo y agua, los cuales están en permanente interrelación con los organismos vivos del ecosistema.

2.3. Biocenosis

Es el componente vivo (biótico) del ecosistema, comprende a la flora, fauna y microbiota del ecosistema. Se encuentra organizada bajo tres jerarquías: el individuo ecológico, comprende a cada una de las formas de vida adaptadas, evolutivamente, a las condiciones ambientales; la población, asociación de individuos de una misma especie que habitan el mismo ecosistema al mismo tiempo; y la comunidad biótica, nivel más alto de organización de la biocenosis en un ecosistema, está conformada por la totalidad de poblaciones que habitan un mismo ecosistema en un momento concreto.

La biocenosis o componente biótico está constituido por la flora, fauna y microbiota, mientras el biotopo o componente abiótico está constituido por el agua, suelo y aire del ecosistema.

2.4. BIOTA

La biota de un ecosistema, a diferencia del término comunidad, es un término descriptivo que se refiere al listado de especies de la biocenosis de un ecosistema, sin tomar en cuenta su organización y las relaciones establecidas entre ellas.

2.5. BIOMA

Comunidad biótica de gran extensión, caracterizado por una vegetación dominante adaptada a condiciones climáticas, edáficas, hídricas y geomorfológicas (relieve), relativamente uniformes, por ejemplo: el bosque tropical, el desierto costero, las estepas, etc.

2.6. BIÓSFERA

También denominado ecósfera, es el sistema ecológico más grande y, prácticamente, autosuficiente, abarca a todas las comunidades vivientes del planeta y el ambiente físico-global con el que interactúa.

2.7. HÁBITAT

Región o espacio geográfico donde las especies pueden encontrar las condiciones y los recursos para sobrevivir y desplegar sus poblaciones. El hábitat es la "dirección" de la especie.

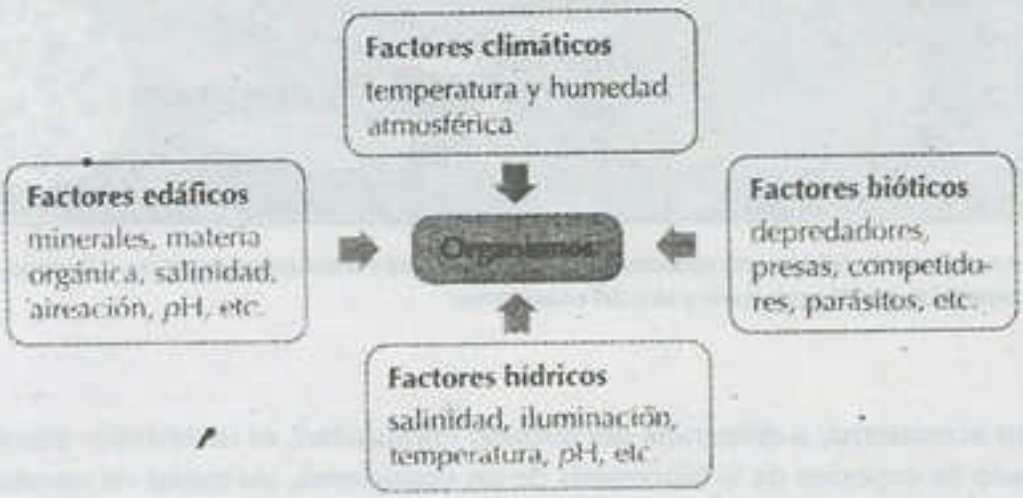
2.8. NICHO ECOLÓGICO

Es la forma en que una especie aprovecha los recursos de su medio y se adapta a las condiciones ambientales del medio, corresponde al modo de vida de una especie. El nicho ecológico es la "profesión" de la especie.

3▸ ORGANISMOS Y SU AMBIENTE

Las observaciones sobre la distribución espacial de los organismos y sus adaptaciones a ambientes específicos, indican el rol selectivo del ambiente en la evolución de las especies.

El ambiente de un organismo está conformado por el conjunto de elementos bióticos y abióticos que lo rodean, y que afectan, directamente, la supervivencia, distribución y abundancia. A cada uno de estos elementos se les denomina factores ambientales y se dividen en dos: abióticos, básicamente derivan del clima, suelo y agua, por ejemplo, la luz, la temperatura, el agua disponible, la salinidad, el *p*H, el espacio para la nidificación, etc., y bióticos, que corresponden a las acciones o influencias de otros organismos que habitan en el mismo lugar como depredadores, presas, competidores, parásitos, etc.



Factores ambientales bióticos y abióticos

3.1. EL AMBIENTE FÍSICO DE LOS ORGANISMOS

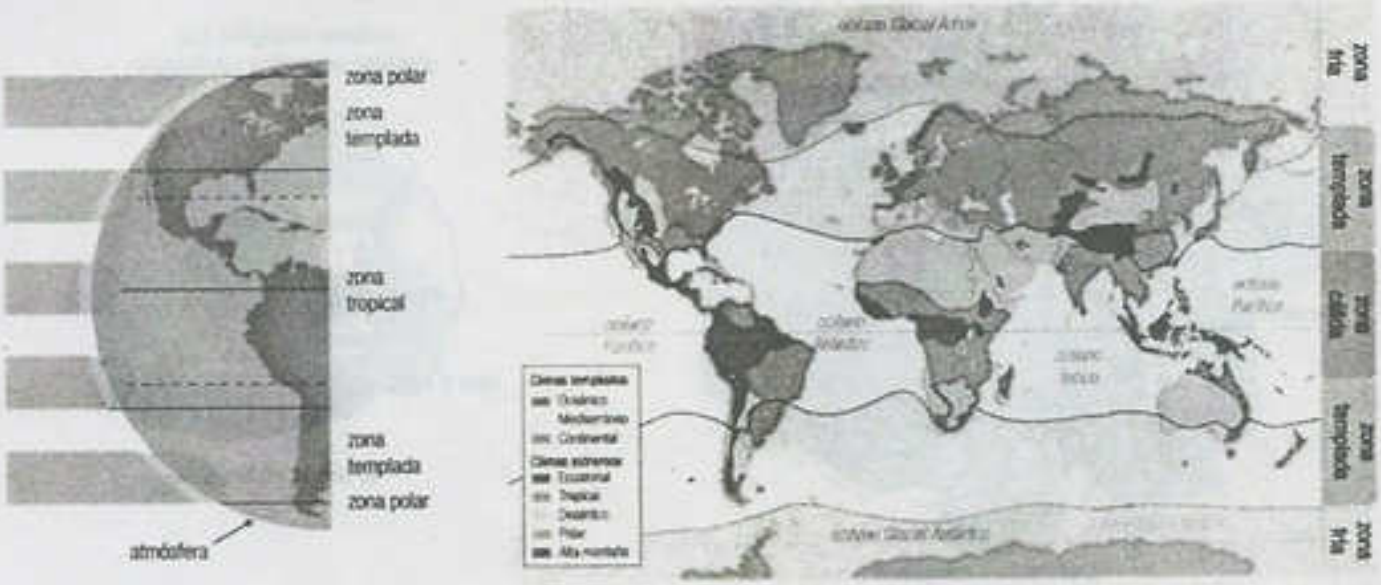
El ambiente físico de los organismos está constituido por la combinación de elementos del suelo, agua, clima y relieve que actúan como factores que determinan su distribución y abundancia. Generalmente en un ecosistema, el ambiente físico no es uniforme y presenta variaciones a lo largo del espacio y del tiempo.

A escala global, el ambiente físico de la biósfera comprende regiones de la atmósfera, hidrósfera y corteza terrestre que abastecen con recursos y brindan las condiciones para el desarrollo de las diversas formas de vida presente. Se extiende, aproximadamente, desde unos 10 km de profundidad (en los fondos marinos) hasta unos 14 km sobre el nivel del mar.

3.1.1. Clima

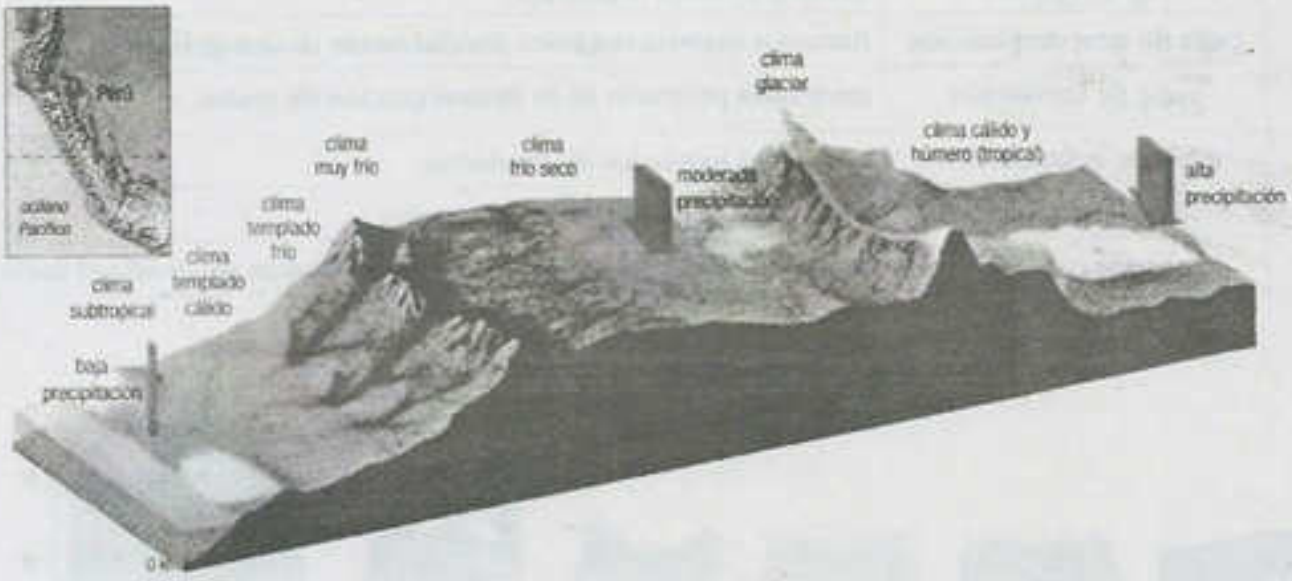
Se denomina clima al conjunto de condiciones medias del tiempo, en una localidad, durante un periodo largo. Las variaciones del clima, en la Tierra, obedecen fundamentalmente a la gradiente latitudinal o cercanía al ecuador, bajo ese criterio se distingue una zona tropical cercana al ecuador con alta intensidad solar, dos zonas intermedias templadas y dos zonas polares muy alejadas del ecuador.

Zonas climáticas terrestres



En una zona climática, el relieve genera una gradiente altitudinal, es decir, regiones con distinta altitud respecto al nivel del mar que determinan una diversidad de microclimas. Los principales elementos del clima, que influyen selectivamente sobre los organismos de flora y fauna, son la temperatura, la precipitación y la humedad atmosférica.

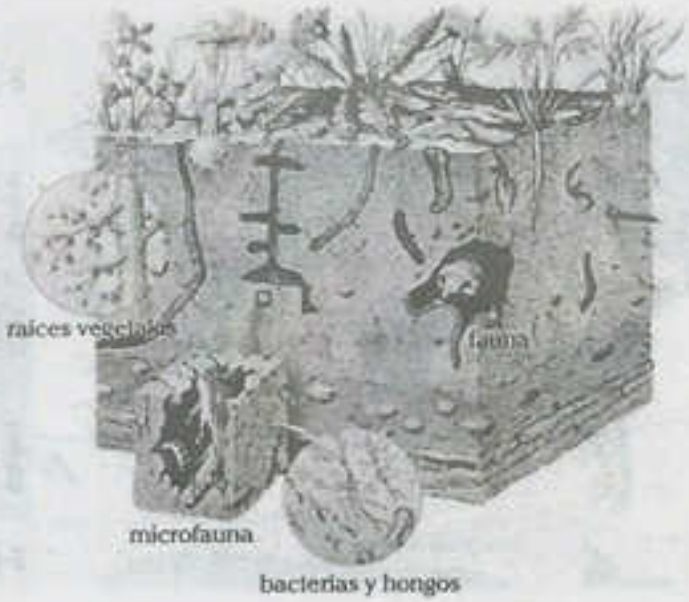
Climas locales y altitud



3.1.2. Suelo

Es un producto natural presente en la superficie terrestre, actúa como medio de soporte físico y sustento nutritivo para el crecimiento vegetal, por tanto, es base de todos los ecosistemas terrestres. El suelo está conformado por partículas minerales (grava, arena, limo y arcilla), materia orgánica en distinto grado de descomposición (detritos y humus), agua con minerales disueltos y aire. El suelo también posee microorganismos desintegradores como bacterias y hongos, además de una microfauna conformada por insectos y gusanos detritívoros.

COMPONENTE VIVIENTE DEL SUELO

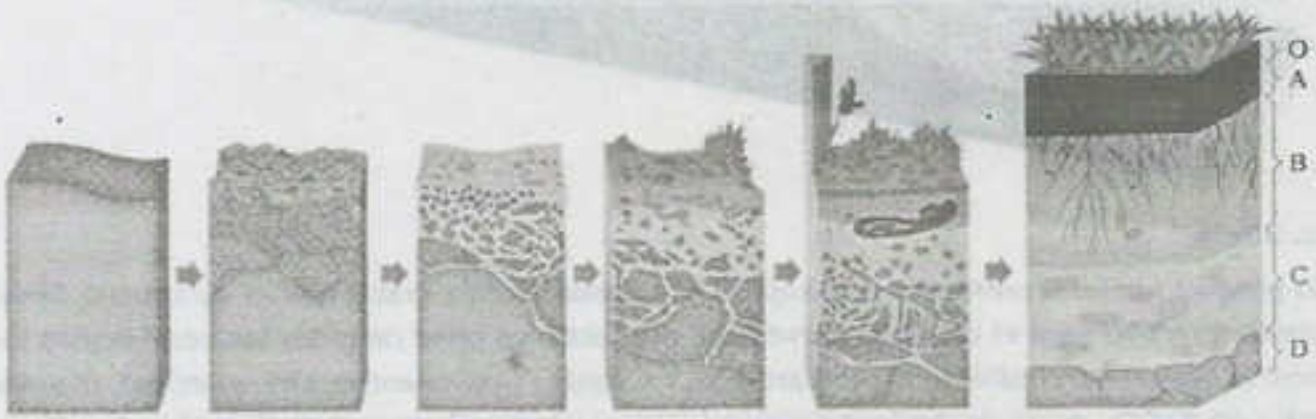


COMPONENTE INERTE DEL SUELO

La edafogénesis o formación del suelo es el resultado de la acción física y química de agentes climáticos y biológicos, sobre la roca madre, de manera que el suelo se estructura en niveles u horizontes que otorgan a cada tipo de suelo un perfil característico.

Horizonte		Composición
O	capa orgánica	detritos o restos orgánicos
A_1	capa de descomposición	humus o materia orgánica parcialmente desintegrada
A_2	capa de lixiviación	minerales producto de la desintegración de restos
B	capa de acumulación	minerales lixiviados acumulados
C	capa de alteración	fragmentos de roca madre o regolita
D	roca madre	material parental, substrato a partir del cual se desarrolla el suelo

EDAFOGÉNESIS (FORMACIÓN DE SUELO)



Los principales elementos del suelo que influyen sobre los organismos son la salinidad, *p*H, humedad, composición mineral y cantidad de materia orgánica.

3.1.3. Agua

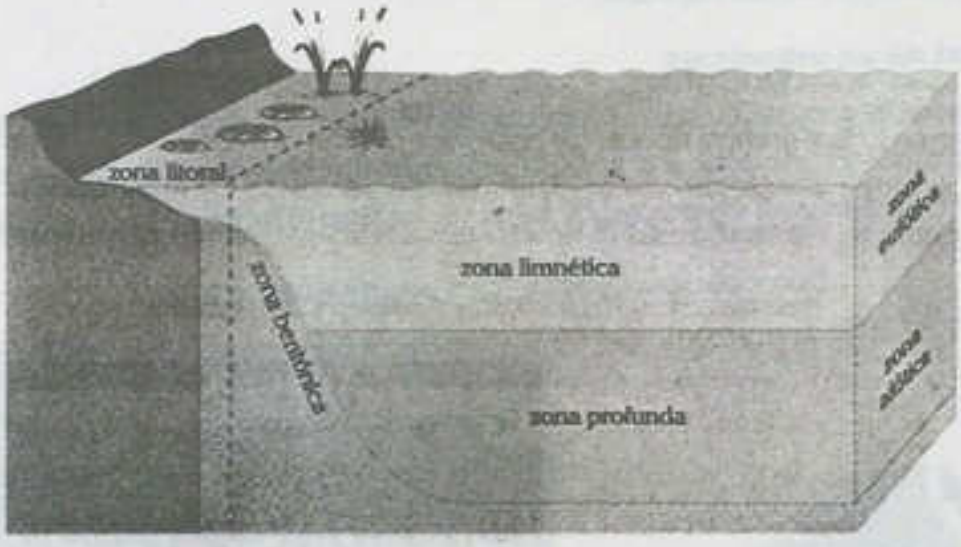
Los ambientes de agua son hábitats para distintas formas de vida, ya que abastecen de recursos y condiciones para los organismos que albergan. Los factores hídricos que influyen sobre los organismos son la temperatura, la salinidad, el *p*H, la disponibilidad de oxígeno y los minerales disueltos; como la disponibilidad de recursos y las condiciones no son uniformes, los ecosistemas acuáticos poseen una zonificación característica.

a. Zonificación de un lago

El ambiente está dividido en las zonas litoral, limnética, béntica y profunda.

- **Zona litoral.** Es la zona periférica y de poca profundidad, habitada por plantas algas y animales de orilla, como anfibios, patos, nutrias, etc.
- **Zona limnética.** Es la zona superficial hacia el centro. Contiene gran cantidad de plancton, organismos flotantes, tales como diatomeas y clorofitas.
- **Zona bentónica.** Es el piso del lago, está habitada por algas y animales que se fijan o deslizan sobre el sustrato, por ejemplo, caracoles, anélidos y larvas de insectos.
- **Zona profunda.** Es de poca luminosidad, y está habitada por peces y animales nadadores. Esta fauna corresponde al necton.

ZONIFICACIÓN DE UN LAGO



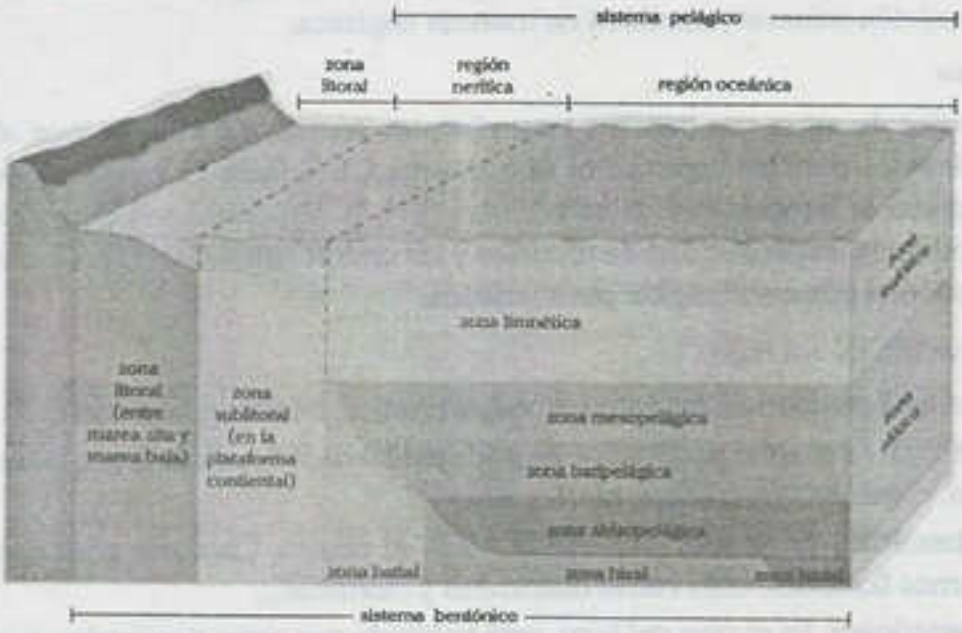
b. Zonificación marina

Es la estratificación y división de los ambientes marinos, según la profundidad y distancia de la costa.

- **Sistema pelágico.** Constituido por la región nerítica, muy productiva y biodiversa sobre la plataforma continental, y por la región oceánica a mar abierto de gran extensión y profundidad.
- **Sistema bentónico.** Constituido por el piso del fondo oceánico, el cual, de acuerdo a su profundidad, se constituye en la zona litoral o de transición, además de la zona sublitoral, batial, abisal y hadal.

De acuerdo a la iluminación se identifica una zona muy iluminada denominada eufótica, hasta los 100 o 200 m de profundidad, una zona de transición lofótica y una zona donde no llega la luz denominada afótica.

ZONIFICACIÓN MARINA



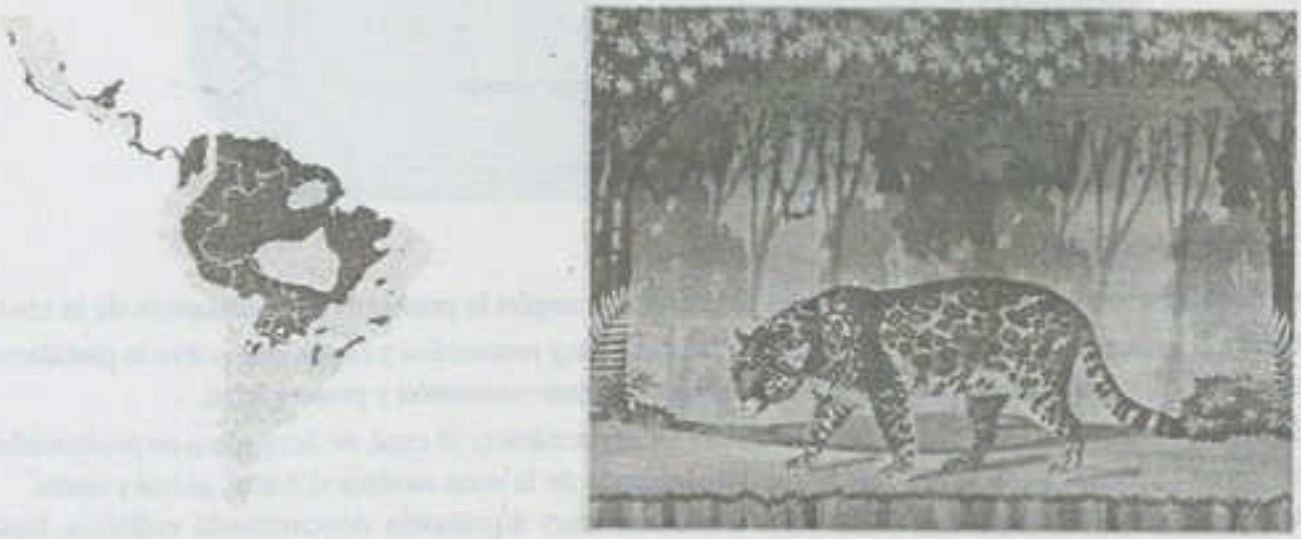
3.2. INTERACCIONES ENTRE EL ORGANISMO Y EL AMBIENTE

Un organismo no puede concebirse aislado de su ambiente. Las observaciones sobre la distribución de los organismos y sus adaptaciones hacia ambientes específicos indican el rol selectivo del ambiente en la evolución de las especies.

3.2.1. El hábitat de un organismo

Es la región o espacio geográfico donde las especies pueden encontrar las condiciones y los recursos para sobrevivir y desplegar sus poblaciones. Las diversas combinaciones de los factores ambientales generan una gran diversidad de hábitats, incluso al interior de un mismo ecosistema.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA Y HÁBITAT DEL JAGUAR



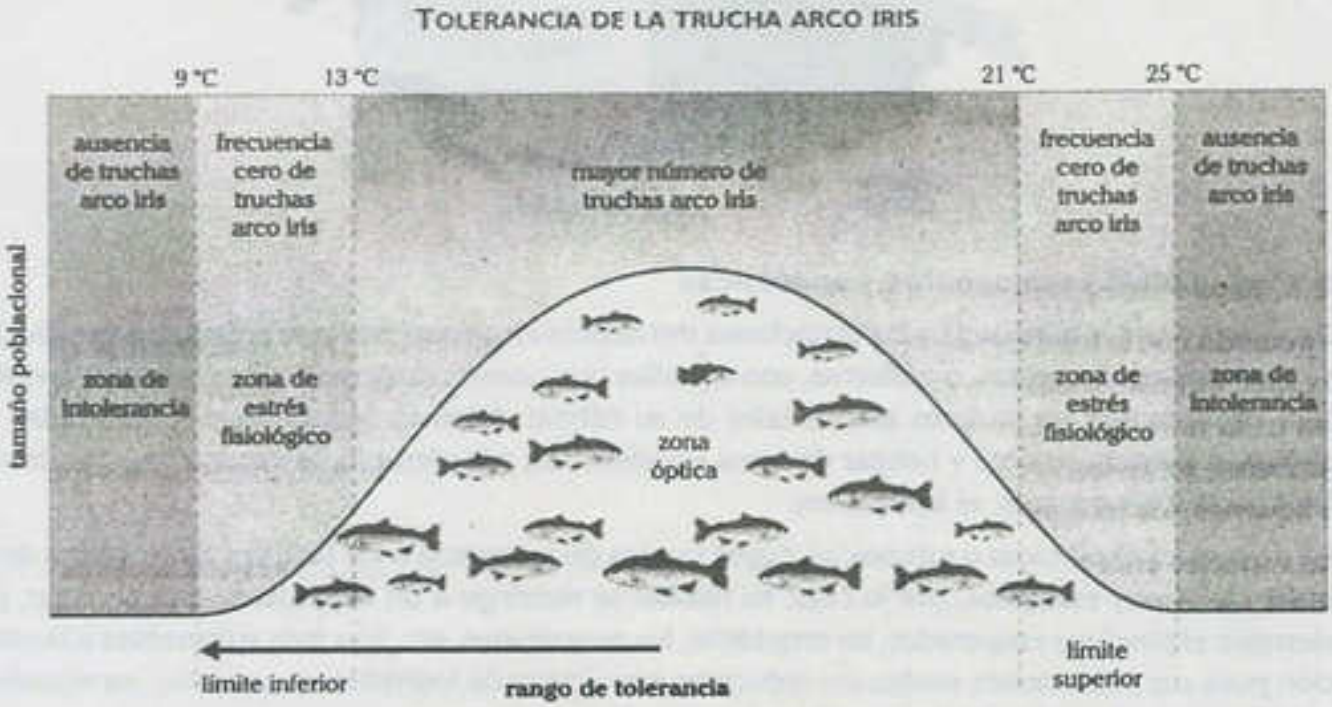
El hábitat del jaguar está conformado por los matorrales del piso y el bosque de penumbra en ecosistemas de bosque denso. Su distribución geográfica comprende una gran extensión de los bosques amazónicos y de Centroamérica.

3.2.2. Tolerancia ambiental

La supervivencia de los organismos se ve afectado por la deficiencia o el exceso de un factor ambiental, aunque los demás se encuentren dentro del óptimo requerido. A este factor ambiental se le denomina factor limitante; por ejemplo, la deficiencia o exceso de agua en el suelo perjudican el desarrollo vegetal.

3.2.3. Rango de tolerancia

Los organismos de una especie tienen un rango de tolerancia para cada uno de los factores ambientales bióticos y abióticos. Dentro de este rango existe tres divisiones: una zona óptima, donde los organismos no solo superviven, sino que la reproducción es máxima y la población prospera; una zona de estrés fisiológico, donde algunos individuos son capaces de sobrevivir, pero la población no puede crecer; y una zona de intolerancia, donde fuera de los límites mínimos y máximos del rango de tolerancia, los organismos no pueden sobrevivir, es decir, perecen o migran.



Proporción de individuos en relación a un factor ambiental limitante

3.2.4. Amplitud del rango de tolerancia

El rango de tolerancia para un factor ambiental es muy variable. Se usa el prefijo "esteno" para referirse a un estrecho rango de tolerancia y "euri" para indicar un amplio rango de tolerancia.

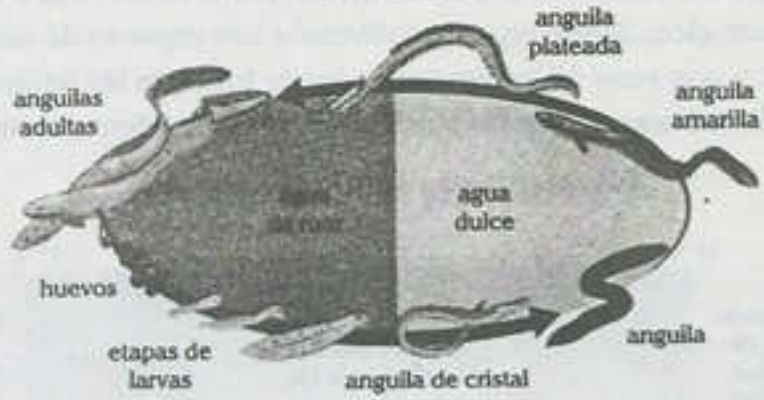
Factor ambiental	Amplia tolerancia	Estrecha tolerancia
salinidad	eurihalino	estenohalino
temperatura	euritermos	estenotermo
humedad	estenohídrico	eurihídrico

La mayoría de peces tienen un rango de tolerancia a la salinidad muy estrecho y son denominados estenohalinos; otros peces, denominados eurihalinos, están adaptados para tolerar amplias variaciones de salinidad y durante su ciclo de vida, migran de ambientes de agua dulce hacia los de agua salada o viceversa.

Por ejemplo, el salmón es un animal eurihalino de tipo anádromo (cuesta arriba), ya que en la etapa juvenil, el salmón migra del agua salada hacia el agua dulce de los lagos para desovar.

Así también, la anguila es un animal catádromo (cuesta abajo). Durante su ciclo de vida, las larvas se desplazan hacia agua dulce, en su estado juvenil retornan hacia el mar, donde alcanzan su madurez reproductiva y las hembras desovan para su fertilización.

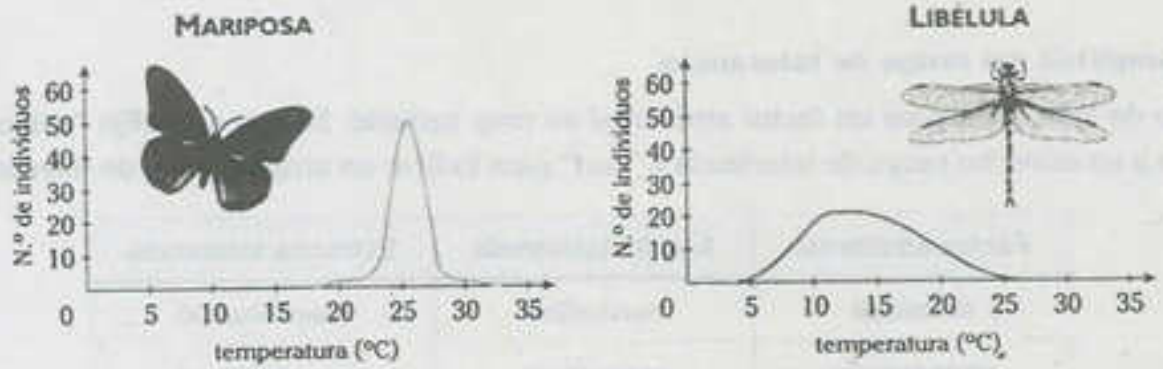
Ciclo de vida de la anguila



3.2.5. Especies cosmopolitas y endémicas

De acuerdo con la tolerancia a las variaciones del hábitat en su conjunto, los organismos se dividen en especies cosmopolitas, o eurioicas, son aquellas que poseen rangos de tolerancia muy amplios para cada uno de los factores ambientales de su hábitat. Además tienen mayor oportunidad de distribuirse extensamente y habitar diversos ecosistemas, por ejemplo, la cucaracha, los ratones, los líquenes, los musgos, el llantén, etc.

Y las especies endémicas o estenoicas, cuyos rangos de tolerancia a los factores ambientales de su hábitat son muy estrechos, por lo cual, su hábitat se restringe a un ecosistema en particular, por ejemplo: el pingüino emperador, las orquídeas, los auquénidos, etc. Son más vulnerables a la extinción pues sus poblaciones suelen ser reducidas en número de individuos y, por tanto, su respuesta genética ante el cambio de las condiciones naturales es menor.



Curva de tolerancia estrecha a variación de temperatura en una especie estenoica (mariposa monarca) y amplia curva de tolerancia en una especie eurioica (libélula)

3.3. TOLERANCIA A CONDICIONES EXTREMAS EN EL BIOTOPO

3.3.1. Condiciones extremas de humedad

Entre las adaptaciones vegetales para evitar la deshidratación destacan las siguientes plantas:

a. Tropófitas

Plantas que adaptan su ciclo vital a la época más favorable, crecen en la época más húmeda y producen estructuras de resistencia en los periodos más secos, por ejemplo, esporas, semillas, y estructuras vegetativas como tubérculos, bulbos y rizomas.

b. Xerófitas

Adaptadas al clima seco, recubren sus hojas con cutículas gruesas e impermeables, reducen la evaporación, disminuyen la superficie de la hoja en forma de espinas y poseen tallos suculentos almacenadores de agua. Comprenden las cactáceas y las crasuláceas.

c. Hidrófitas

Adaptadas a vivir en ambientes con abundante disponibilidad de agua, por ejemplo: totora, lirio de agua, lenteja de agua, junco, entre otras.

d. Higrófitas

Viven en suelos o superficies permanentemente húmedos, por ejemplo, las plantas de selvas lluviosas como helechos y musgos, y de zonas pantanosas como la palmera aguaje.

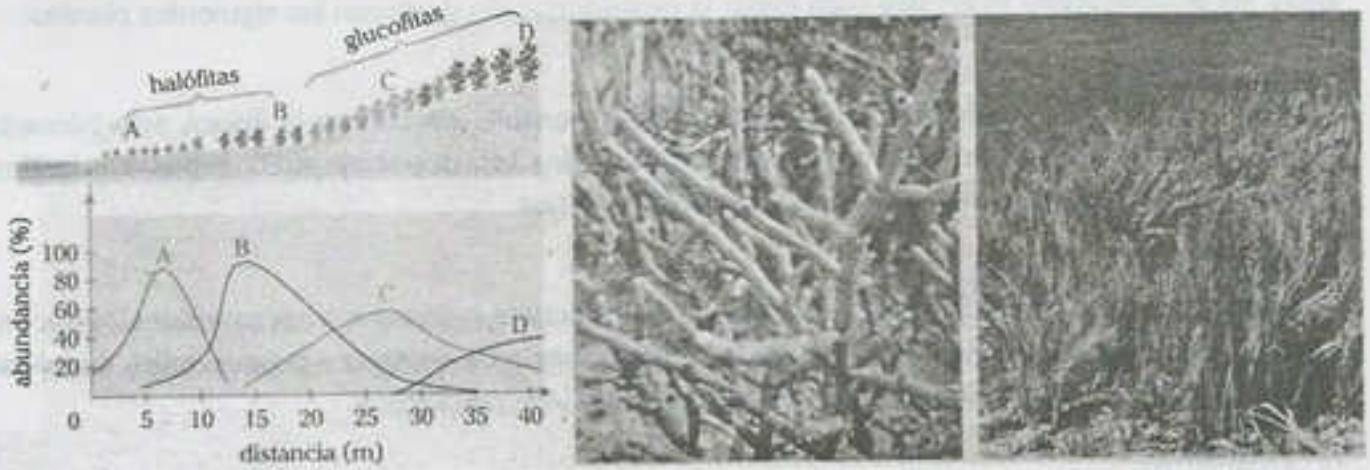
De izquierda a derecha se observan las siguientes plantas: amancae, tropófita de lomas costeras; cactácea, xerófita desértica; Victoria regia, hidrófita, helecho y musgo, higrófitos.

Entre las estrategias evolutivas, en animales, para regular su contenido hídrico en condiciones extremas se considera reducir las pérdidas mediante la impermeabilización de la superficie corporal como la cubierta cerosa en el exoesqueleto de insectos y las plumas en aves, así también, la orina casi sólida en aves o reptiles y obtener agua metabólica mediante el metabolismo de lípidos en animales como los camélidos y la rata canguro.

3.3.2. Condiciones extremas de salinidad

La mayoría de plantas requieren baja salinidad para permitir la absorción de agua y sales en sus raíces, estas son denominadas glicófitas. En cambio, las halófitas, plantas que viven cerca a los bordes de humedales costeros, toleran condiciones de alta salinidad en el suelo. Por ejemplo, la salicornia acumula agua en sus tejidos para evitar un aumento en la concentración de sal, y la grama salada aisla sales en sus vacuolas.

Los animales acuáticos regulan la salinidad corporal mediante la expulsión de orina en distintos volúmenes y grados de salinidad, de acuerdo al ambiente de agua dulce o salado en el que vive.



Las especies halófitas (A y B) tienen un rango óptimo de crecimiento en suelos salinos y las glucofitas (C y D), en suelos con baja salinidad. Las especies salicornia y grama salada son halófitas.

3.3.3. Condiciones extremas de iluminación

En los bosques, la competencia entre las plantas para obtener luz es intensa y poseen distintas estrategias evolutivas para obtenerla.

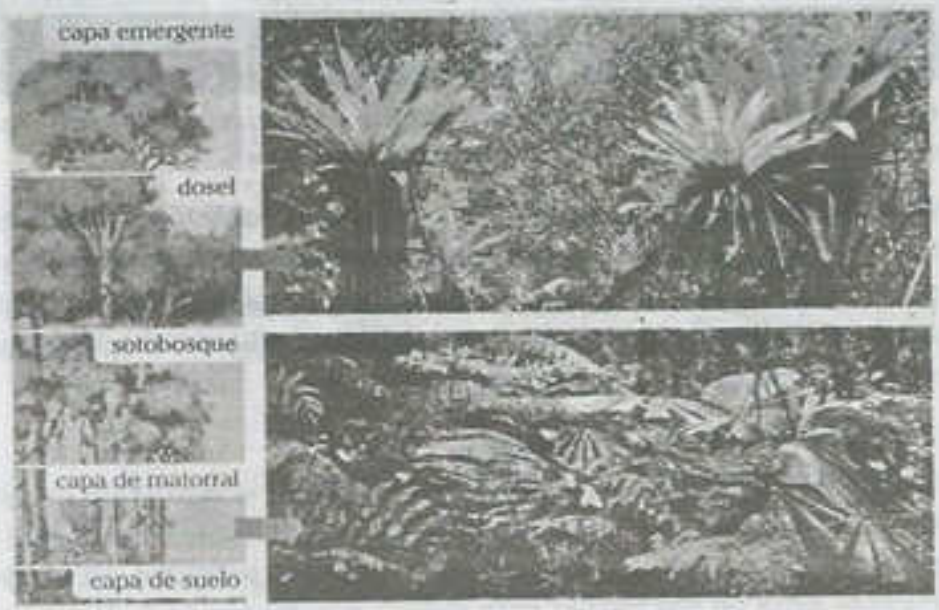
a. Fotófilas

Requieren gran intensidad de luz, conformadas por plantas arbóreas; por ejemplo, el cedro, la caoba, el tornillo; trepadoras como los bejucos, y epífitas como algunas bromelias y orquídeas.

b. Esciófilas

Denominadas plantas de sombra, están adaptadas a una baja intensidad, generalmente, sus hojas son mas anchas y tienen una mayor cantidad de clorofila.

PLANTAS FOTÓFILAS Y ESCIÓFILAS



Se muestran las bromelias epífitas en el dosel del bosque y los helechos en la capa de matorral.

3.3.4. Condiciones extremas de temperatura

En microbiología, las bacterias pueden ser categorizadas según la tolerancia a temperaturas extremas.

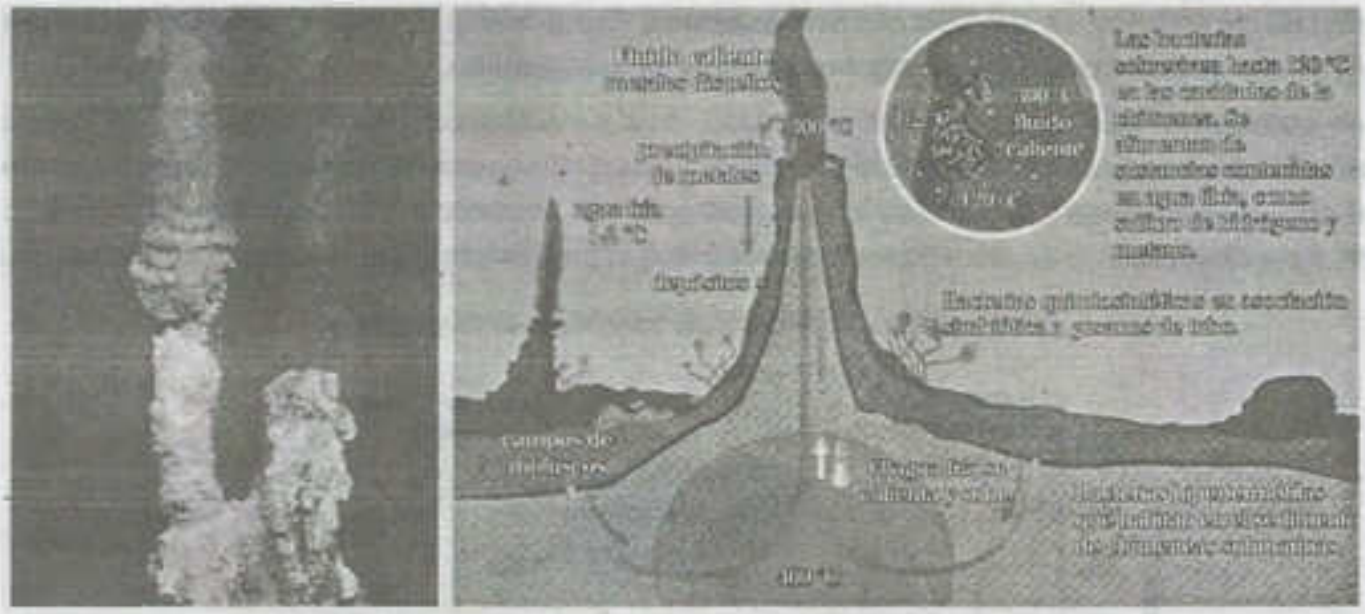
a. Psicrófilas

Denominadas también criófilos. Toleran bajas temperaturas, incluso cercanas a los -10 °C, y son responsables de la descomposición de los alimentos en los frigoríficos. Los lípidos de sus membranas son fluidas a temperatura muy bajas, por lo cual no se ponen rígidas y son impermeables al frío. Esto conlleva a que, a temperaturas alrededor de los 20 °C, sus membranas sean demasiado fluidas y se desorganicen, causando la muerte de las bacterias.

b. Termófilas

Requieren temperaturas elevadas para su normal desarrollo y tienen una temperatura óptima por encima de los 45 °C, capaces de superar incluso los 100 °C (hipertermófilos).

Las bacterias y arqueas termófilas pueden tolerar altas temperaturas mediante diferentes mecanismos de adaptación, entre las que destacan sus membranas ricas en lípidos saturados que le brindan estabilidad, y enzimas con actividad óptima a altas temperaturas. Los hábitats de estos microorganismos son principalmente chimeneas o fumarolas hidrotermales en la profundidad del océano, zonas volcánicas, manantiales de aguas termales, entre otros.



Bacterias hipertermófilas en chimeneas submarinas

3.4. TEMPERATURA CORPORAL Y AMBIENTAL

El proceso que controla la temperatura corporal en animales se denomina termorregulación.

3.4.1. Animales según la constancia o variación de su temperatura

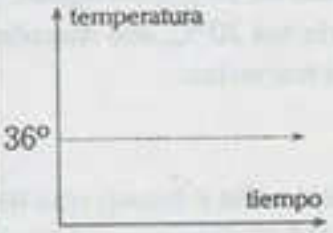
a. Homeotermos

Alguna vez llamados animales de sangre caliente, se caracterizan por presentar una temperatura corporal constante a pesar de las fluctuaciones ambientales. Tradicionalmente, incluyen aves y mamíferos que suelen mantener sus temperaturas corporales entre los 35 a 40 °C.

b. Poiquilotermos

Alguna vez conocidos como animales de sangre fría, se caracterizan por presentar una temperatura corporal que varía con la temperatura ambiental. Tradicionalmente, incluyen a invertebrados, peces, anfibios, reptiles, etc.

HOMEOTERMO



POIQUILOTERMO.

3.4.2. Animales según la fuente del calor corporal

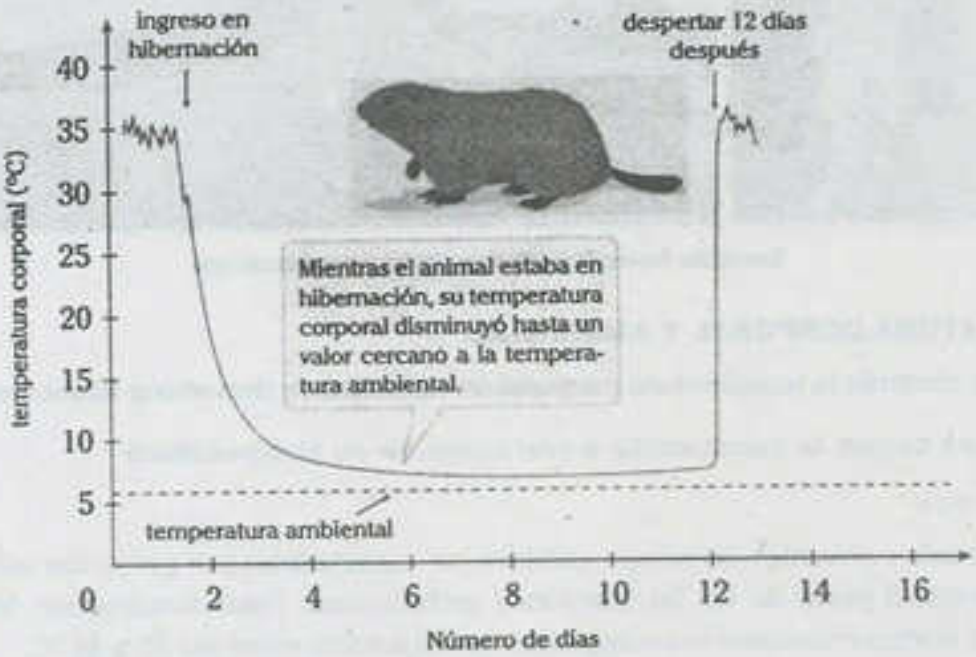
twitter.com/calapenshko

a. Endotermos

Dependen en gran medida de su metabolismo como fuente de calor corporal, poseen mecanismos para retener calor como el incremento de pelaje o plumaje, y para liberar calor como la sudoración, el jadeo, etc. Por lo general, mantienen una temperatura corporal constante, por lo que la mayoría de endotermos también son homeotermos. Comprenden a las aves, mamíferos, algunos peces que nadan rápido (atún) y algunos insectos de gran tamaño.

Los endotermos hibernadores, como marmotas, osos y murciélagos, inician una etapa de letargo para afrontar las estaciones frías y la reducción de fuentes alimenticias, ajustando su fisiología corporal para ahorrar energía, bajando su temperatura corporal, frecuencia cardiaca, su tasa metabólica, etc. Cuando la razón es la alta temperatura ambiental, el proceso de letargo se denomina estivación.

TEMPERATURA CORPORAL EN ANIMALES HIBERNADORES



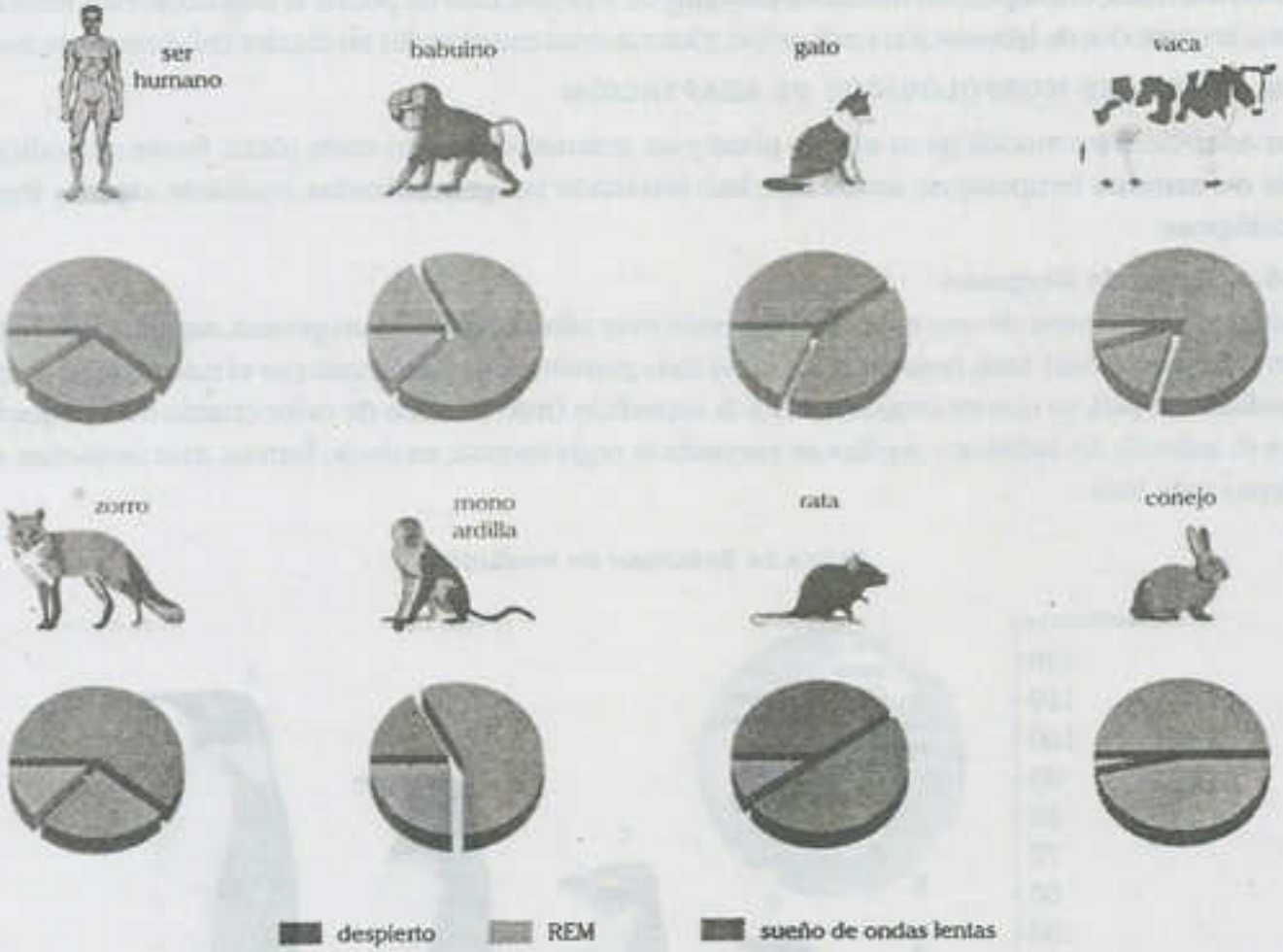
b. Ectotermos

Dependen del ambiente para obtener su energía calorífica. Por lo general, su temperatura corporal varía, debido a esto, la mayoría de ectotermos son poiquilotermos; sin embargo, algunos ectotermos pueden regular su temperatura corporal dentro de límites ajustados cambiando su comportamiento, tal es el caso de serpientes y lagartos: son más activos cuando la temperatura ambiental disminuye y poco activos cuando ella sube, por lo que se ocultan bajo la sombra de rocas o en madrigueras.

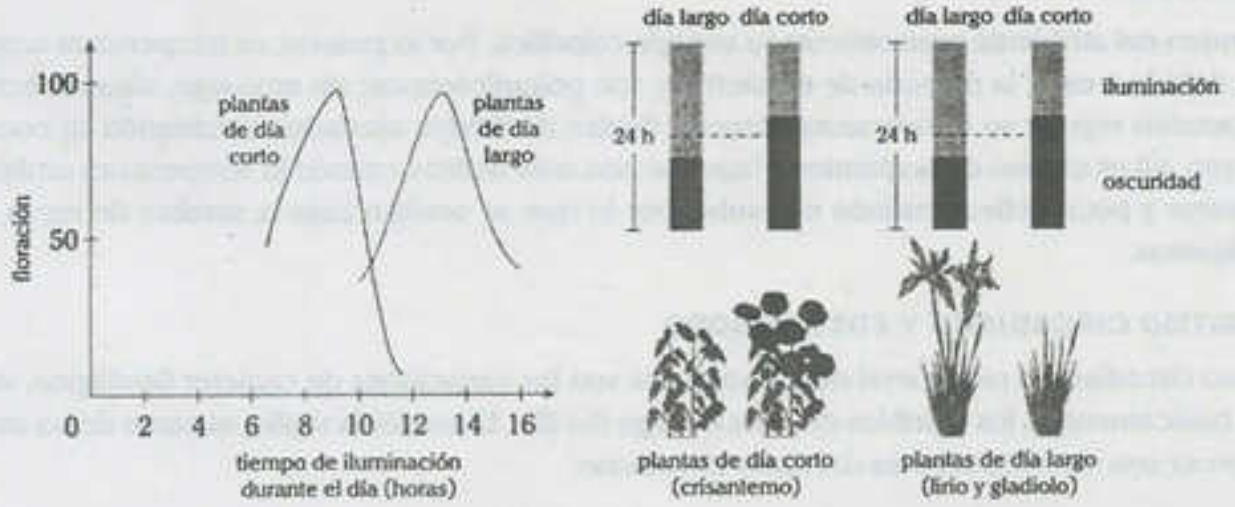
3.5. RITMO CIRCADIANO Y FOTOPERIODO

El ritmo circadiano o nictameral de los animales son las variaciones de carácter fisiológico, vinculados básicamente a los cambios de luz a lo largo del día. El sueño, la vigilia, el canto de las aves al amanecer son manifestaciones del ritmo circadiano.

RITMO CIRCADIANO EN ALGUNOS MAMÍFEROS



Los seres vivos también adaptan su fisiología, respecto con la duración de los periodos de luz (fotoperiodo). Algunas plantas florecen cuando los días son más largos y se denominan macrohemeras, otras por el contrario, florecen cuando los días son más cortos y se denominan plantas microhémeras. Los pigmentos verdeazules que hacen posible el fotoperiodismo son los fitocromos, estos se encuentran en todas las plantas vasculares.



En los animales, el fotoperiodo marca los periodos de reproducción de peces, la migración estacional de aves, los periodos de hibernación y estivación, y los cambios estacionales en el color del plumaje de aves.

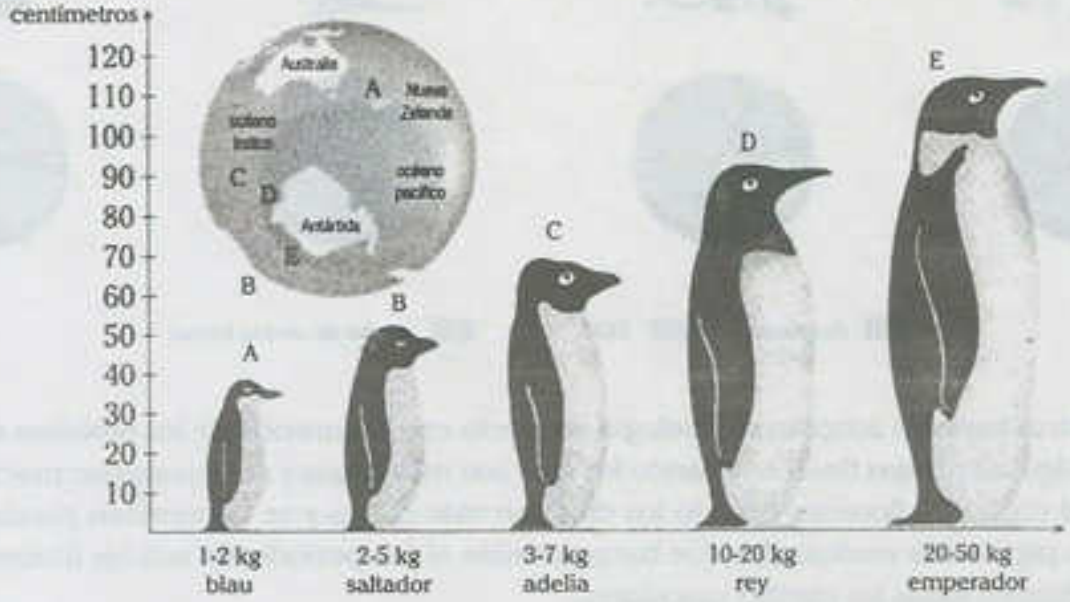
3.6. PATRONES MORFOLÓGICOS DE ADAPTACIÓN

Las adaptaciones morfológicas a largo plazo y las aclimataciones en corto plazo, frente a condiciones de extrema temperatura ambiental, han intentado ser generalizadas mediante algunas leyes ecológicas.

3.6.1. Regla de Bergman

Establece que dentro de una especie o especies muy afines dentro de un género, aquellas que habitan en regiones más frías, presentan las tallas más grandes. Está justificado por el calor que se disipa mediante la piel, ya que es proporcional a la superficie (más pérdida de calor cuanto más pequeño sea el animal). En anfibios y reptiles se presenta la regla inversa, es decir, formas más pequeñas en climas más fríos.

REGLA DE BERGMAN EN PINGÜINOS



Mayor tamaño de pingüinos en climas más fríos

3.6.2. Regla de Allen

Establece que en climas fríos, las extremidades y apéndices como la cola, patas y orejas son más pequeñas y el cuerpo es más compacto; por ejemplo, en las orejas, patas y hocico cortos y chatos del zorro ártico, y de tamaño medio del zorro desértico.

REGLA DE ALLEN EN ZORROS

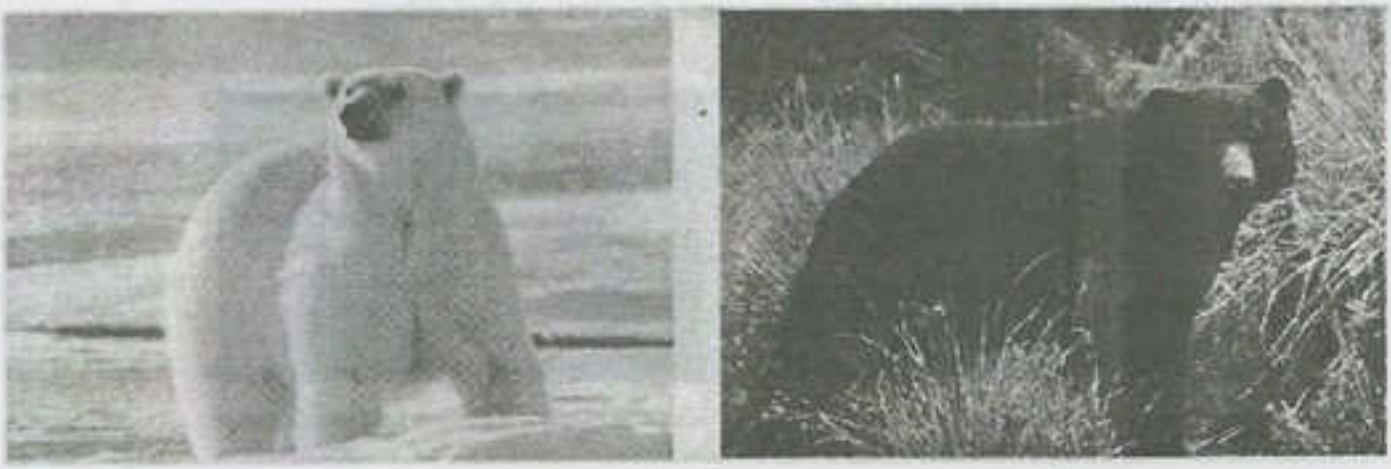
zorro ártico (clima frío) | zorro de clima templado | zorro del Sahara (clima cálido)

Orejas más largas en zorros de climas cálidos.

3.6.3. Ley de Gloger

Establece que la pigmentación en animales de sangre caliente (aves y mamíferos) es más oscura en especies que habitan en áreas más cálidas y húmedas; por ejemplo, el color del plumaje de aves como los mirlos y el pelaje de mamíferos como los osos.

LEY DE GLOGER EN OSOS



Pelaje más oscuro en climas cálidos y húmedos

3.7. ADAPTACIONES ESPECIALES PARA EVITAR LA DEPREDACIÓN

Las plantas presentan defensas morfológicas como pelos, espinas o ganchos y acumulación o secreción de sustancias químicas defensivas con sabor amargo, ácido o alucinante, las cuales son rechazadas por los herbívoros, evitando su depredación. Por ejemplo, la presencia de ácido fórmico en pelos glandulares de las ramas de ortiga, y el efecto alucinante generado por la cactácea, conocido como San Pedro. Además de adaptaciones defensivas como caparazones, púas, secreciones tóxicas y vida en grupo, algunos animales-presas han desarrollado diversos mecanismos para evitar ser ingeridos.

3.7.1. Cripsis: ocultamiento

El organismo se asemeja al propio entorno donde vive para pasar desapercibido a los sentidos de otros animales, asegurando su supervivencia. Por ejemplo, el camaleón en el follaje, el pulpo y el lenguado en el fondo marino cambian rápidamente de color a medida que se desplazan en su medio.

Rana hojarasca en suelo de bosque tropical

Pez lenguado en bentos arenoso

Insecto hoja en follaje vegetal.

3.7.2. Aposematismo: coloración de advertencia

Fenómeno contrario a la cripsis, el animal presenta rasgos que destacan su presencia. Es el caso de la coloración llamativa de ranas amazónicas que advierten su toxicidad, ya que producen veneno; y de la oruga de la mariposa monarca del sur, que advierten su mal sabor.

Rana amazónica conocida como sapo minero (*Dendrobates leucomelas*)

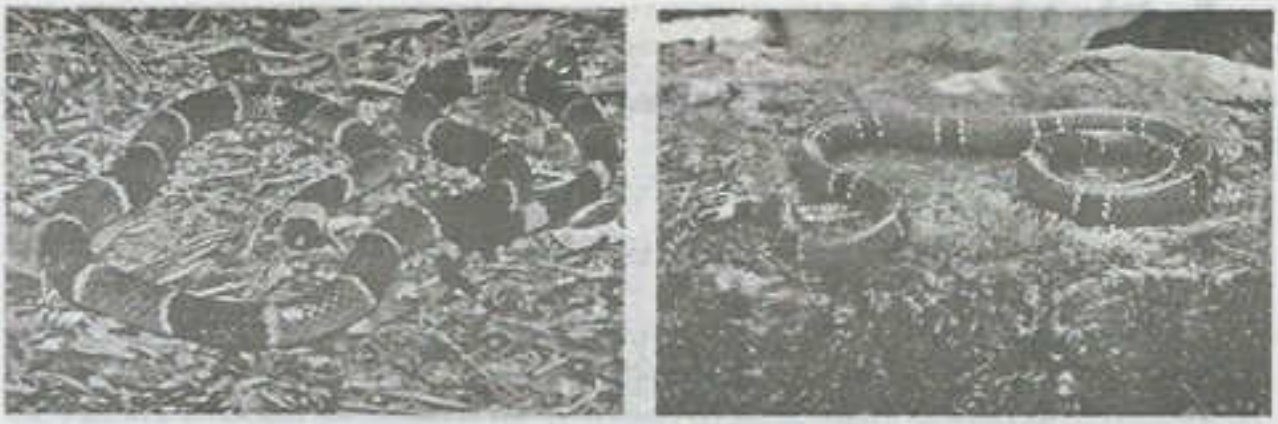
Oruga de mariposa *Danous erippus* (monarca del sur)

3.7.3. Mimetismo

El organismo se asemeja a otros de su entorno, con los que no guarda relación, para engañar a los sentidos de los depredadores, de manera que inducen en ellos una determinada conducta.

a. Mimetismo batesiano

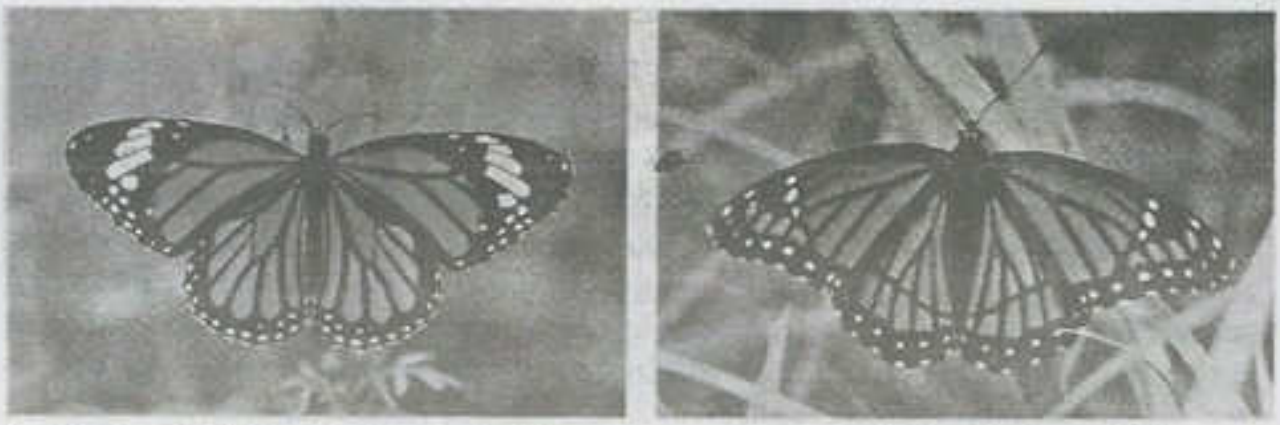
Animales inofensivos adoptan la apariencia de especies peligrosas o repugnantes para confundir o ahuyentar a sus depredadores. Por ejemplo, la mariposa búho, en cuyas alas presentan un par de manchas concéntricas que imitan a un par de ojos abiertos, o también, las imitadoras de la serpientes de coral.



La coloración de advertencia de la serpiente de coral venenosa (izquierda) es imitada por la inofensiva y falsa coral (derecha).

b. Mimetismo mülleriano

Varias especies comparten su toxicidad o mal sabor; cuando una de ellas es consumida por un depredador joven, este aprende a rechazarlas durante el resto de su vida.



La coloración de advertencia protege tanto a la mariposa monarca (izquierda), de sabor desagradable, como a la mariposa virrey (derecha), igualmente desagradable.

c. Mimetismo auditivo

Un caso notable de mimetismo auditivo lo ofrece la lechuza vizcachera que anida en cavidades del suelo, donde sus polluelos responden a la aproximación de potenciales enemigos emitiendo un sonido como el cascabel de una serpiente.

d. Mimetismo olfatorio

Muchas orquídeas vierten al aire sustancias similares a las feromonas de ciertas avispas o abejas, así engañan a los machos que creen acercarse a una hembra de su especie. Es un evento importante para la polinización.

Regulación de los cambios de salinidad en el medio de los organismos marinos

Los fluidos internos de los animales marinos que viven sumergidos en un medio de concentración prácticamente constante, tienen una concentración semejante a la del agua de mar. Esta situación de equilibrio no requiere un trabajo activo de regulación. Sin embargo, las relaciones iónicas entre ambos medios (interno/externo) no son iguales, lo que determina una regulación osmótica que va, pues, más allá de un simple ajuste de la salinidad total. Cuando un animal se enfrenta a cambios en su medio ambiente puede mostrar una de las dos grandes categorías de respuesta: conformismo o regulación. En ciertas especies, las modificaciones en la salinidad del ambiente inducen cambios corporales, internos y paralelos a las condiciones externas. Tales animales, denominados osmoconformistas, son incapaces de mantener la homeostasis de la salinidad de sus fluidos corporales. El grado de éxito de los conformistas para sobrevivir en esas fluctuaciones ambientales depende de la tolerancia de sus tejidos corporales a las alteraciones internas.

Los organismos osmorreguladores, como su nombre indica, utilizan mecanismos bioquímicos, fisiológicos u otros para el mantenimiento del equilibrio interno y la tendencia a la estabilidad en la composición físico-química de todos los fluidos corporales (es decir, mantienen la homeostasis), con independencia del medio externo. La regulación consume energía para mantener los gradientes osmóticos que permiten la entrada o salida de agua. Este coste energético dependerá, fundamentalmente, de la diferencia de osmolaridad de un animal respecto al medio marino. Por lo general, los invertebrados como los moluscos y crustáceos se asocian con el conformismo; y los vertebrados como los peces se asocian con la regulación, aunque existen bastantes excepciones.

Osmorregulación en peces de agua salada

Adaptado de Ministerio de Fomento. "Umbrales de tolerancia al incremento de salinidad de diversas especies marinas". En <https://www.miteco.gob.es>.

Preguntas resueltas

Pregunta 1

El interés por comprender las causas del deterioro del medio y el agotamiento de los recursos naturales fue la razón principal del surgimiento de la ecología, disciplina que estudia la relación entre los seres vivos y su medio. Para su mejor estudio, la unidad básica que estudia la ecología es

A) el biotopo.
B) la biocenosis.
C) el ecosistema.
D) la comunidad.
E) la población.

Resolución

El ecosistema, unidad de estudio de la ecología, es un sistema complejo que tiene como componentes a los seres vivos y su medio abiótico. Su amplitud es muy variable, puede ser tan pequeño como un tronco caído o tan grande como toda la vida del planeta y el ambiente fisicoquímico (abiótico) en que se desenvuelve.

Clave C

Pregunta 2

En base a los estudios realizados en la Reserva Nacional Pampas Galeras por Barbara D'Achille, se logró registrar 112 especies de plantas, en el que predominaban el ichu, tólar, Calamagrostis y otras gramíneas finas. También se registró la presencia de 53 especies de fauna, de las cuales 9 son mamíferos y 43 son aves.

El enunciado anterior realiza una descripción

A) de todo el ecosistema.
B) del biotopo.
C) de la biocenosis.
D) del bioma.
E) del ambiente físico-químico.

Resolución

La biocenosis es el componente vivo o biológico del ecosistema, constituido por las especies de flora, fauna y microbiota, las cuales están en relación con su ambiente físico-químico que le rodea.

Clave C

Pregunta 3

Señale el factor biótico que afectó la supervivencia y el desarrollo de especies de peces nativos en lagunas altoandinas.

A) descarga de relaves mineros
B) contaminación de las aguas
C) descarga de detergentes a través de ríos afluentes
D) introducción de especies exóticas como la trucha
E) depredación de pastizales aledaños

Resolución

Los factores ambientales afectan la supervivencia, distribución y abundancia de las especies en un ecosistema. El factor ambiental biótico que afectó a las especies de peces nativos fue la introducción de especies exóticas como la trucha, debido a la acción depredadora sobre los peces nativos, y de competencia con los depredadoras naturales.

Clave D

Lumbreras Editores

Pregunta 4

¿Qué elementos del clima son factores determinantes de la vegetación presente en un ecosistema?

A) temperatura y latitud
B) precipitación y altitud
C) temperatura y precipitación
D) salinidad y presión atmosférica
E) presión atmosférica y altitud

Resolución

La vegetación de un ecosistema está determinada por la disponibilidad de agua, el tipo de clima y suelo presentes. Respecto al tipo de clima presente, obedece a la combinación de dos de sus elementos: temperatura y precipitación.

Clave C

Pregunta 5

En zonas alejadas del mar, las poblaciones de mangle negro son capaces de sobrevivir, pero no de reproducirse adecuadamente. Respecto a su rango de tolerancia, esta se ubica en la

A) franja óptima.
B) zona de estrés fisiológico.
C) zona de intolerancia.
D) zona de factores limitantes.
E) zona de tolerancia.

Resolución

Por estar alejadas del mar, las poblaciones de mangle negro se encuentran en una zona de estrés fisiológico de su rango de tolerancia; en ella, algunos individuos son capaces de sobrevivir, pero la población no puede crecer.

Clave B

Pregunta 6

El atún y algunos tiburones de mayor tamaño pueden mantener la temperatura corporal hasta 14 °C, por encima de la temperatura del agua. Debido a esta razón son categorizados como

A) ectotermos.
B) endotermos.
C) poiquilotermos.
D) euritermos.
E) estenotermos.

Resolución

Como la temperatura corporal es mayor a la temperatura del medio, la diferencia depende de una fuente interna de calor corporal. Por esta razón, el atún y algunos tiburones son categorizados como endotermos.

Clave B

Pregunta 7

Para sobrevivir al periodo seco, desfavorable en los ecosistemas de lomas, algunas plantas como el amancae, solo sobreviven sus bulbos subterráneos, los cuales reiniciarán el crecimiento en la estación buena. A estas plantas se les denomina

A) xerófitas. B) hidrófitas. C) tropofitas.
D) higrofitas. E) halófitas.

Resolución

Las plantas que adaptan su ciclo vital a la época más favorable crecen en la época más húmeda y producen estructuras de resistencia en periodos más secos. Por ejemplo, las esporas, semillas, o estructuras vegetativas como tubérculos, bulbos y rizomas; estas son denominadas tropofitas.

Clave C

Lumbreras Editores

A todo el público en general:

El Proyecto Modo Scan+100, nace de una idea del **Team Calapenshko**, el cual es difundir todo aquel texto inédito que no esté circulando en la red.

Nuestro Grupo Calapenshko hace el mejor esfuerzo para digitalizar este libro, y así usted estimado lector pueda obtener la mejor experiencia que toda persona desea al abrir un libro.

Este proyecto llega gracias a las **donaciones que se pudo obtener de 100 personas** comprometidas con el proyecto **MODO SCAN+100**.

Este libro no debe ser prostituito monetariamente, este libro no debe ser coleccionado, este libro debe ser destruido analíticamente, así que te invito a leerlo.

No pagues por este libro de **circulación gratuita**, búscalo en la red.

Atentamente, el **GRUPO CALAPENSHKO**

18 de agosto del 2020

Pregunta 8

La fauna del Santuario Nacional Manglares de Tumbes comprende a especies como la concha negra (*Anadara tuberculosa*) y el cangrejo del manglar (*Ucides occidentalis*), los cuales son muy apreciados en la gastronomía nacional. Estas especies tienen mecanismos para mantener constante la salinidad corporal, así toleran la variación de la salinidad de las aguas en su hábitat. Por esta razón, ambas especies son consideradas

A) halófitas.
B) eurihalinas.
C) estenohalinas.
D) glucófitas.
E) hidrofitas.

Resolución

Un grupo reducido de animales acuáticos son capaces de tolerar variaciones de salinidad en un rango amplio. Estos son denominados eurihalinos y comprenden a bivalvos y crustáceos que viven en agua dulce de los ríos e incluso en los estuarios.

Clave B

Pregunta 9

Hace unos 70 años, los investigadores W. Garner y H. Allard encontraron que una variedad de tabaco (*Nicotiana tabacum*) y una variedad de soja (*Glycine max*) solo florecían cuando la longitud del día fuera más corta que un valor crítico de horas de luz. Denominaron a este fenómeno como

A) ritmo circadiano.
B) fotoperiodicidad.
C) ritmo biológico.
D) fotofilia.
E) reloj biológico.

Resolución

La adaptación de la fisiología de las plantas de acuerdo con la duración de los periodos de luz se denomina fotoperiodicidad. Algunas plantas como el tabaco y la soja florecen cuando los días son más cortos y se les conoce como microhémeras.

Clave B

Pregunta 10

El estudio comparativo de especies de elefantes ha registrado que los elefantes de sabana tienen orejas de mayor tamaño que los elefantes de bosque. El enunciado anterior cumple con la

A) ley de Gloger.
B) regla de Allen.
C) ley del factor limitante.
D) ley del uso y desuso.
E) regla de Bergman.

Resolución

La ley de Allen establece que, en climas más cálidos, las extremidades y apéndices como la cola, patas y orejas son más grandes. Por ejemplo, las orejas de elefantes en las sabanas muy cálidas son de mayor tamaño.

Clave B

Lumbreras Editores

Preguntas propuestas

1. El objeto de estudio de la ecología como disciplina científica

   A) es la relación entre el hombre y la naturaleza.
   B) son las interacciones entre los organismos en el ecosistema.
   C) es la relación entre los seres vivos y el ambiente que lo rodea.
   D) son las adaptaciones evolutivas de los organismos.
   E) es la distribución de las especies en el planeta.

2. Indique la alternativa correcta respecto al ecosistema.

   A) Es una posición funcional de un organismo en su comunidad.
   B) Es el conjunto de organismos que habitan un lugar bien delimitado.
   C) Es la unidad natural de partes vivientes, con interacciones mutuas para producir un sistema estable, en el cual el intercambio de substancias es de tipo circular.
   D) Es la unidad biológica con recambio constante de materiales bióticos y abióticos.
   E) Es la unidad natural de partes vivientes e inertes con interacciones estables que llevan a un intercambio cíclico de sustancias.

3. La biocenosis y su biotopo son componentes estructurales que conforman

   A) un ecosistema.
   B) una población.
   C) una comunidad.
   D) un nicho ecológico.
   E) una sucesión.

4. En los Andes, el *Vultur griphus* (cóndor andino) habita en esas regiones donde se desenvuelven como carroñeros, y en algunas temporadas migran hacia las costas. La descripción anterior corresponde

   A) al hábitat.
   B) a la biocenosis.
   C) a la población.
   D) al biotopo.
   E) al nicho ecológico.

5. La zona de vida presente en nuestro planeta y las comunidades que ella alberga corresponde

   A) al ecosistema.
   B) a la biósfera.
   C) al bioma.
   D) el nicho ecológico.
   E) al hábitat.

6. Determine la materia orgánica parcialmente desintegrada que abunda en el suelo.

   A) detritos
   B) humus
   C) carroña
   D) minerales
   E) saprobios

7. Señale la alternativa correcta respecto con el horizonte del suelo que se caracteriza por la acumulación de iones nutritivos.

   A) O
   B) A
   C) B
   D) C
   E) D

Lumbreras Editores

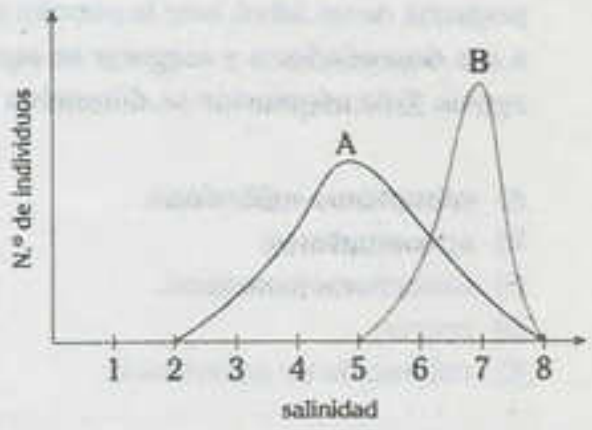
8. La especie *Rhizophora mangle*, conocida como mangle, puede soportar vivir en aguas con altas concentraciones de sal como el agua marina, pero también tolera aguas con baja salinidad como la de los ríos; esto es posible gracias

A) a la presencia de glándulas.
B) al ajuste osmótico.
C) a la corteza muy resistente.
D) a las raíces profundas.
E) a que estas plantas viven en la superficie.

9. En el borde de las fuentes de aguas termales naturales como las existentes en Chancos (Áncash), Churín (Lima) y los baños del Inca (Cajamarca) existen algunas especies de bacterias que viven a elevadas temperaturas, debido a ello se les denomina

A) fotófilas.
B) termófilas.
C) halófilas.
D) criófilas.
E) psicrófilas.

10. El siguiente gráfico representa la curva de tolerancia de dos especies vegetales respecto a la salinidad presente en el suelo. Al respecto, indique los enunciados correctos.



I. La especie A es eurihalina.
II. La especie B es estenohalina.
III. La especie A y B son halófilas.

A) solo I
B) solo II
C) I y II
D) II y III
E) I, II y III

11. La fitorremediación es una estrategia biológica para restaurar los pasivos ambientales mineros luego de la culminación de las operaciones, por cuya razón se han identificado especies vegetales capaces de absorber y acumular metales al interior de su organismo. La mayoría de plantas usadas para este objetivo están adaptadas a un ambiente de clima seco, característico de la Puna, por lo cual se les denomina

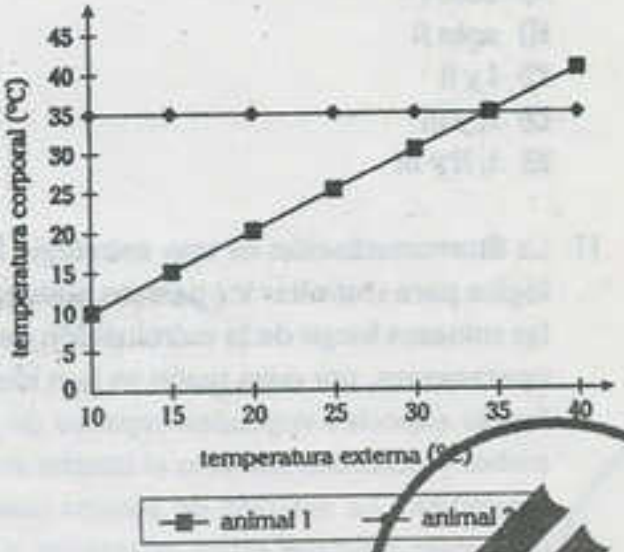
A) fotófilas.
B) termófilas.
C) esciófilas.
D) halófilas.
E) xerófilas.

12. Las plantas necesitan luz para crecer, ya que gracias a ella, sus hojas pueden producir una sustancia verde: la clorofila, que les servirá para fijar energía luminosa, fabricar alimento y, por lo tanto, para crecer. Sin embargo, no todas las plantas del mismo ecosistema necesitan la misma cantidad de luz; muchas especies vegetales requieren estar expuestas a poca radiación luminosa y se les denomina

A) fotófilas.
B) heliófilas.
C) esciófilas.
D) halófilas.
E) xerófilas.

Lumbreras Editores

13. En el siguiente gráfico se muestran las variaciones de temperatura corporal y externa de dos tipos de animales. Respecto a ello, señale la alternativa correcta.



A) El animal 1 es un poiquilotermo.
B) El animal 2 es un homeotermo.
C) El animal 2 puede ser un reptil.
D) El animal 1 no puede regular su actividad metabólica.
E) El metabolismo del animal 2 es independiente de la temperatura ambiente.

14. La temperatura corporal de la mayoría de invertebrados acuáticos, como las medusas, es la misma que la del medio en el que viven, debido a la fuente de calor corporal, y son clasificados como

A) ectotermos.
B) endotermos.
C) poiquilotermos.
D) homeotermos.
E) estenotermos.

15. Señale la denominación que se les da a los animales que son capaces de vivir en un amplio rango de temperatura.

A) homeotermo
B) euritermo
C) estenotermo
D) ectotermos
E) endotermos

16. La combinación de función y hábitat de una especie se conoce como

A) sucesión ecológica.
B) ecosistema.
C) nicho ecológico.
D) equilibrio ecológico.
E) biocenosis.

17. Determine cuál de las siguientes alternativas es un ejemplo de nicho ecológico.

A) El oso de anteojos que habita en el bosque de neblina de la Selva Alta.
B) Las culebras, sucres y ranas que viven en el lago Titicaca.
C) Un lobo que está en el río.
D) El pájaro carpintero alimentándose de larvas de insectos en el tronco de un árbol.
E) El paiche que vive en las aguas negras y cálidas de una laguna amazónica.

18. El denominado insecto palo tiene, efectivamente, la forma y el color similar a la rama pequeña de un árbol, esto le permite evitar a sus depredadores y asegurar su supervivencia. Esta adaptación se denomina

A) mimetismo müllerianо.
B) aposematismo.
C) mimetismo batesiano.
D) cripsis.
E) coloración de advertencia.

Lumbreras Editores

CAPÍTULO XXIII

POBLACIÓN Y COMUNIDAD

Objetivos

- Identificar los niveles de organización jerárquica de la biocenosis presente en los ecosistemas.
- Comprender los ámbitos y la dinámica de las poblaciones que constituyen los ecosistemas.
- Diferenciar las principales formas de interacciones ecológicas entre los seres vivos dentro de una comunidad.

Introducción

El concepto de ecología de poblaciones busca responder a interrogantes relacionadas con la capacidad de carga ambiental, el tamaño poblacional óptimo, las causas y los mecanismos por los cuales incrementa el tamaño, como es la distribución de las poblaciones, entre otras. También estudia la forma en que una población interactúa con el ambiente y la manera en que afectan el funcionamiento de las comunidades y ecosistemas.

Actualmente el estudio de las poblaciones tiene aplicación en silvicultura, agronomía y gestión de la vida silvestre, ya que permite administrar poblaciones de importancia económica, como bosques, campos de cultivo y ganadería. La comprensión de la dinámica de la población desempeña un papel crucial en la conservación de especies amenazadas y en el control de plagas que provoquen importantes impactos económicos y de salud.

Las poblaciones de distintas especies forman parte de una comunidad, quienes varían bastante en tamaño, carecen de fronteras precisas y rara vez están aisladas por completo. Las comunidades más pequeñas se anidan dentro de comunidades más grandes; así, un bosque es una comunidad, pero también lo es un tronco en descomposición localizado al interior de ese bosque.

La sinecología es una rama de la ecología de gran importancia en la actualidad, que centra sus estudios en la composición y estructura de las comunidades formadas por especies diferentes, los cambios que ocurren en el tiempo y las relaciones entre las especies de la comunidad. Los conocimientos aportados por esta disciplina tienen aplicación en programas de reconversión y recuperación de comunidades a consecuencia del impacto ambiental de muchas actividades productivas, tales como procesos de reforestación en bosques de explotación, biorremediación luego del cierre de actividades mineras, repoblamiento de ecosistemas con especies en peligro y estudio del impacto en la comunidad nativa debido a la introducción de especies foráneas, etc.

1▸ POBLACIÓN

Una población es un conjunto de individuos de la misma especie que habitan el mismo ecosistema al mismo tiempo. Poseen un alto grado de cohesión reproductiva con intercambio de material genético entre sus individuos, y un alto grado de cohesión ecológica, debido a la presencia de interacciones entre ellos.

El estudio ecológico de las poblaciones se denomina demoecología y busca el conocimiento de la estructura y dinámica de la población a lo largo del tiempo.

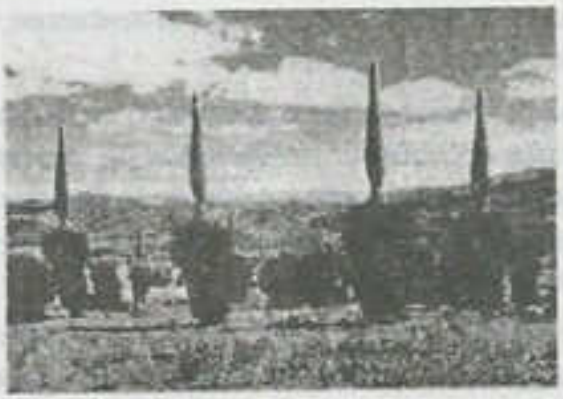
1.1. ATRIBUTOS DE UNA POBLACIÓN

Las propiedades que permiten definir a cada una de las poblaciones en un ecosistema son la densidad, los patrones de distribución y la estructura etaria.

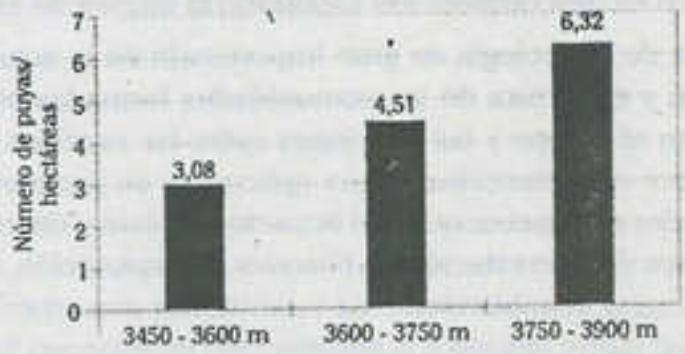
1.1.1. Densidad poblacional

Corresponde a la cantidad de individuos que coexisten por unidad de superficie en ecosistemas terrestres, o por unidad de volumen en ecosistemas acuáticos. Por ejemplo, según el censo de vicuñas, la Reserva Nacional Pampas Galeras Bárbara D'Achille (junio 2015) cuenta con una población de 5777 vicuñas distribuidas en 6500 ha, teniendo una densidad de 0.9 individuos por hectárea.

La densidad poblacional de una especie depende de las condiciones y la disponibilidad de los recursos que una especie requiere, por tanto, puede variar de una estación a otra y de una zona a otra al interior de un mismo ecosistema, así tenemos que en el Santuario Nacional de Calipuy, la densidad poblacional de Puya de Raymondi aumenta con la altura.



Densidad de puyas en función de la altura



Puyas de Raimondi en función de la altura en el Santuario Nacional de Calipuy (Censo 2018).

El valor de la densidad poblacional permite una aproximación al número total de individuos de una especie en una zona o en todo el ecosistema, el cual es usado para la categorización de las especies en peligro de extinción, cuantificación de recursos forestales para su explotación, etc.

1.1.2. Patrones de distribución poblacional

Un patrón de distribución es la manera en que los organismos de una población se ubican en el espacio, esto depende de la disponibilidad de los recursos existentes y la interacción entre sus individuos. Se identifican tres patrones de distribución:

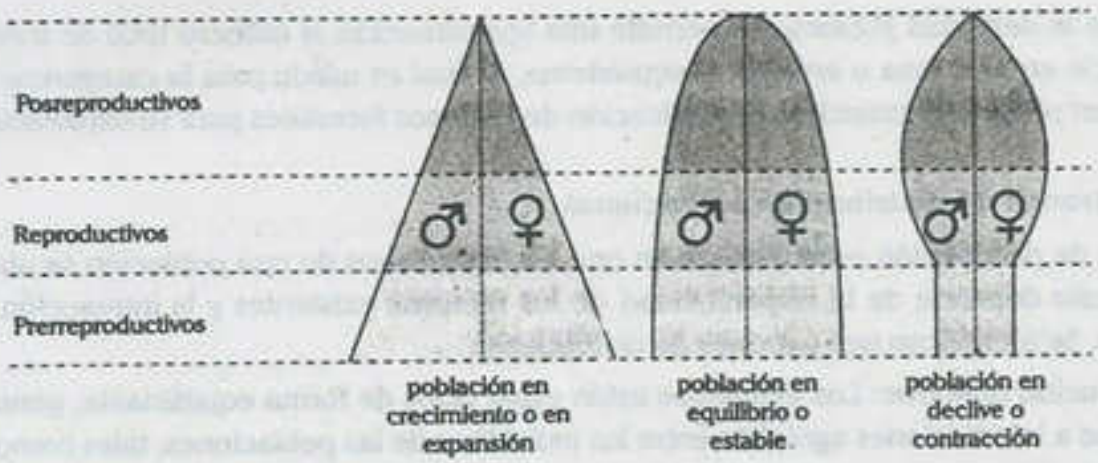
- Distribución uniforme: Los individuos están espaciados de forma equidistante, generalmente, se debe a interacciones agresivas entre los individuos de las poblaciones, tales como la territorialidad en los guanacos y la secreción de sustancias alelopáticas en pinos que, al ser tóxicas para otras plantas, impiden el crecimiento de otras especies vegetales a su alrededor.
- Distribución aleatoria o al azar: Los individuos no muestran ningún patrón regular de distribución en un área determinada. Este es el menos habitual y el más difícil de observar en la naturaleza, se observa en especies que tienen amplios límites de tolerancia por lo que no tienden a agruparse.
- Distribución agregada: Es el tipo más común, se presenta cuando los individuos se disponen en grupos muy densos pero separados de otros grupos también densos. Esta distribución facilita el encuentro de los individuos para el cortejo y el apareamiento, y sirve como una estrategia para protegerse de los predadores. Por ejemplo, los pingüinos emperadores que, formando parejas y familias, protegen a sus crías del intenso frío.

Patrones de distribución poblacional: uniforme en ichu (a la izquierda); aleatoria en bosque tropical (al centro) y agrupada formando hatos en guanaco (a la derecha).

1.1.3. Estructura etaria

Refleja la composición de las poblaciones en base a la proporción de individuos de acuerdo a dos variables que los distinguen: la edad y el sexo.

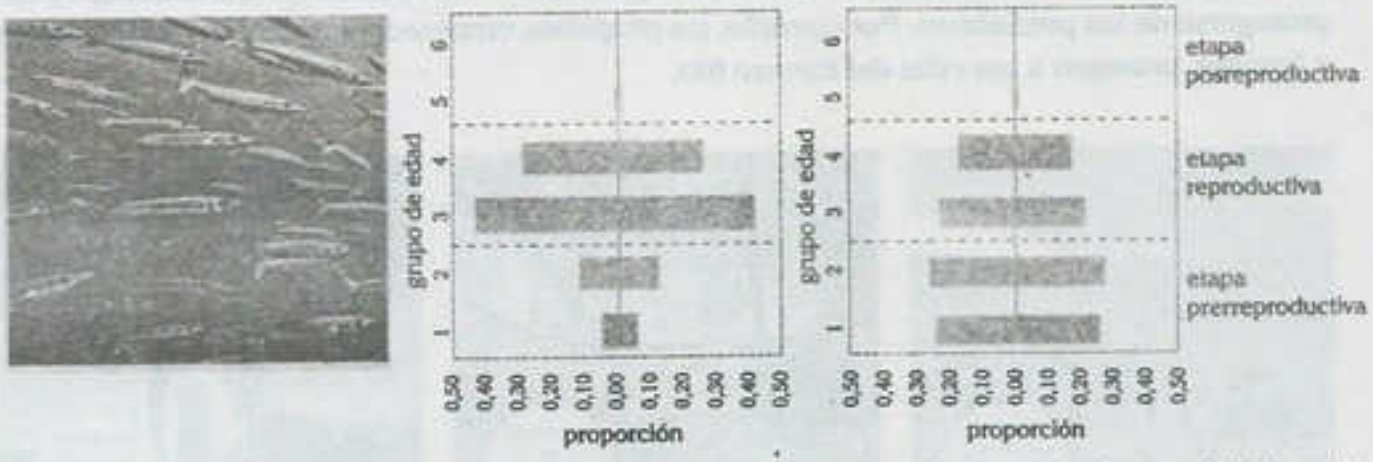
Los rangos de edad y sexo pueden representarse gráficamente en diagramas piramidales de gran importancia, ya que permiten pronosticar el tamaño poblacional a futuro. Estos diagramas verticalmente representan los grupos de edad: prerreproductivo, reproductivo y postreproductivo. Los grupos sexuales se disponen horizontalmente, los machos a la izquierda y las hembras a la derecha.



Representación gráfica de tres poblaciones con distinta estructura etaria.

En la mayoría de poblaciones, el número de hembras es similar al número de machos, pero en ciertas especies la predominancia de hembras adultas brinda un mayor potencial reproductivo que en poblaciones donde predominan los machos.

Una población que crece con rapidez contiene una alta cantidad de individuos jóvenes, en cambio una población que crece lentamente tiene una alta cantidad de individuos de mayor edad.



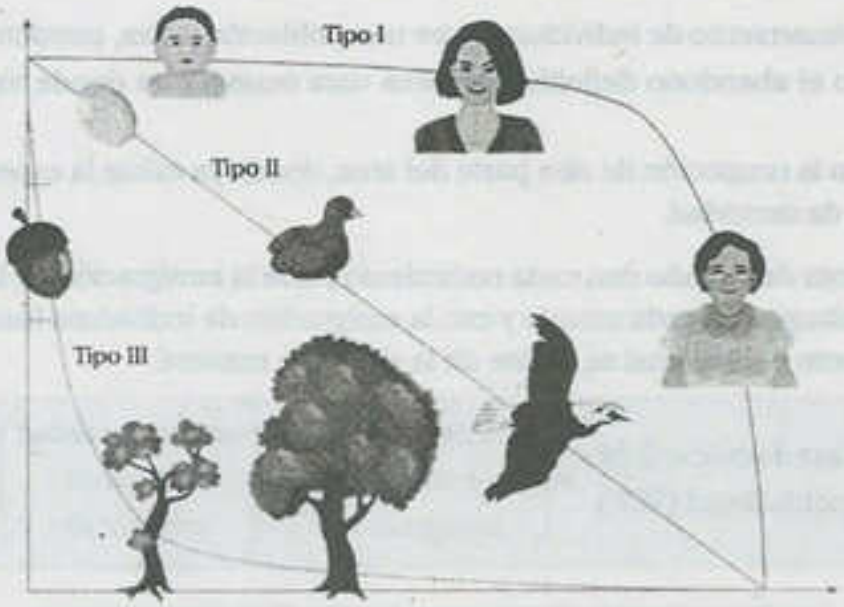
Estructura etaria una población de merluza en declive luego de la sobrecaptura (a la izquierda) y de una población estable luego de un largo periodo de veda de esta especie (a la derecha).

1.1.4. Curva de supervivencia

Las curvas de supervivencia representan el número de individuos que continúan vivos a medida que aumenta la edad. En general, las curvas de supervivencia pueden ser de tres tipos:

- Tipo I: Nace una gran cantidad de individuos con una baja tasa de mortalidad cuando son jóvenes o adultos. Por lo general tienen pocos descendientes y proveen mucho cuidado parental para asegurarse que estos sobrevivan. Por ejemplo, los humanos y la mayoría de primates.
- Tipo II: La probabilidad de mortalidad siempre es la misma a lo largo de su vida. También pueden tener relativamente poca descendencia y proveer cuidados parentales significativos. Por ejemplo, la mayoría de aves.

- Tipo III: La tasa de natalidad es alta, pero pocos individuos sobreviven las primeras etapas de la vida; sin embargo, aquellos que lo hacen suelen tener vidas bastante largas. Las especies con este tipo de curva por lo general tienen muchos descendientes a la vez, como un árbol que libera miles de semillas, pero no proveen muchos cuidados a su descendencia. También tienen este tipo de curva un gran número de invertebrados marinos y la mayoría de peces.



Tipos de curvas de supervivencia

1.2. DINÁMICA POBLACIONAL

Las poblaciones son dinámicas, ganan y pierden individuos a lo largo del tiempo, aumentando y disminuyendo el tamaño poblacional. El estudio de estos cambios, así como los factores y mecanismos que las regulan se denomina demografía.

El estudio de las poblaciones en el tiempo permite observar cómo han cambiado estas poblaciones y se podría predecir cómo cambiarán probablemente en el futuro, esto permite demostrar si los esfuerzos de conservación están ayudando a que aumente la cantidad de individuos de una especie en peligro de extinción, el manejo de poblaciónes para la gestion de los recursos flora y fauna, el control y manejo de plagas.

1.2.1. Tasa de crecimiento poblacional

La tasa de crecimiento poblacional (TCP) es un indicador importante para conocer la evolución de la población, permite medir el aumento (crecimiento) o disminución (decrecimiento) de la población de un territorio para un periodo determinado, el cual indica los cambios que experimenta la población a causa de tres fenómenos demográficos fundamentales: migración, mortalidad y fecundidad.

a. Natalidad

Es la producción de nuevos individuos, por nacimiento, germinación o propagación vegetativa. Depende de la proporción de individuos fértiles, de la fecundidad de la especie y de las condiciones del medio.

b. Mortalidad

Se refiere a la muerte de individuos en la población, está en función de la edad de los individuos que la forman y de las condiciones ambientales como la presencia de alimentos, parásitos y depredadores.

c. Migración

Consiste en el desplazamiento de individuos entre una población y otra, pueden ser las siguientes:

- La emigración o el abandono definitivo del área para ocupar otra donde existen condiciones adecuadas.
- La inmigración o la ocupación de otra parte del área, donde ya existe la especie, generalmente por el aumento de densidad.

La población aumenta de tamaño con cada nacimiento y con la inmigración de individuos de otras poblaciones, y disminuye con cada muerte y con la emigración de individuos fuera de la población. La tasa de crecimiento poblacional se define de la siguiente manera:

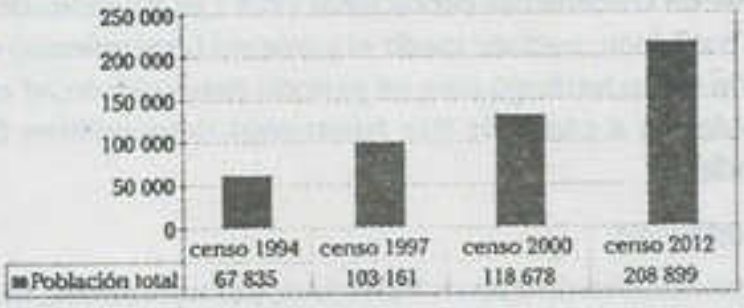
$$\text{Tasa de crecimiento poblacional (TCP)} = \begin{pmatrix}\text{tasa de natalidad} \\ + \text{ tasa de} \\ \text{inmigración}\end{pmatrix} - \begin{pmatrix}\text{tasa de natalidad} \\ + \text{ tasa de} \\ \text{emigración}\end{pmatrix}$$

Tasa de crecimiento	Característica
mayor a 0	población creciente
igual a 0	población estable
menor a 0	población decreciente

Por ejemplo, el crecimiento poblacional nacional de vicuñas se puede obtener a partir de la población total nacional reportadas en los censos nacionales. En el último censo se ha determinado que la tasa de crecimiento promedio anual desde el año 2000 al 2012 fue de 4.8%, mientras que desde el año 1994 al 1997 fue de 15%.

Población de vicuñas

Población nacional reportada en los censos nacionales de 1994, 1997, 2000 y 2012



Fuente: Consejo Nacional de Camélidos Sudamericanos - CONACS. DGFFS (2013)

1.2.2. Patrones de crecimiento poblacional

La gráfica del incremento de número de individuos de una población en función del tiempo se denomina curva de crecimiento poblacional, y es resultado de la interacción entre el potencial biótico de una especie con la resistencia ambiental.

- **Potencial biótico.** Es la máxima capacidad reproductiva que poseen los individuos de una población, contando con una óptima disponibilidad de recursos. Este factor es inherente a la especie.
- **Resistencia ambiental.** Es el conjunto de factores que limitan el crecimiento poblacional e impiden a una población alcanzar el potencial biótico. Puede ser la escasez de recursos, condiciones ambientales inapropiadas, depredación, competencia, parasitismo, etc.

  La forma que adopta la curva de crecimiento representa el patrón de crecimiento de la población y puede ser de dos tipos: exponencial y logístico.

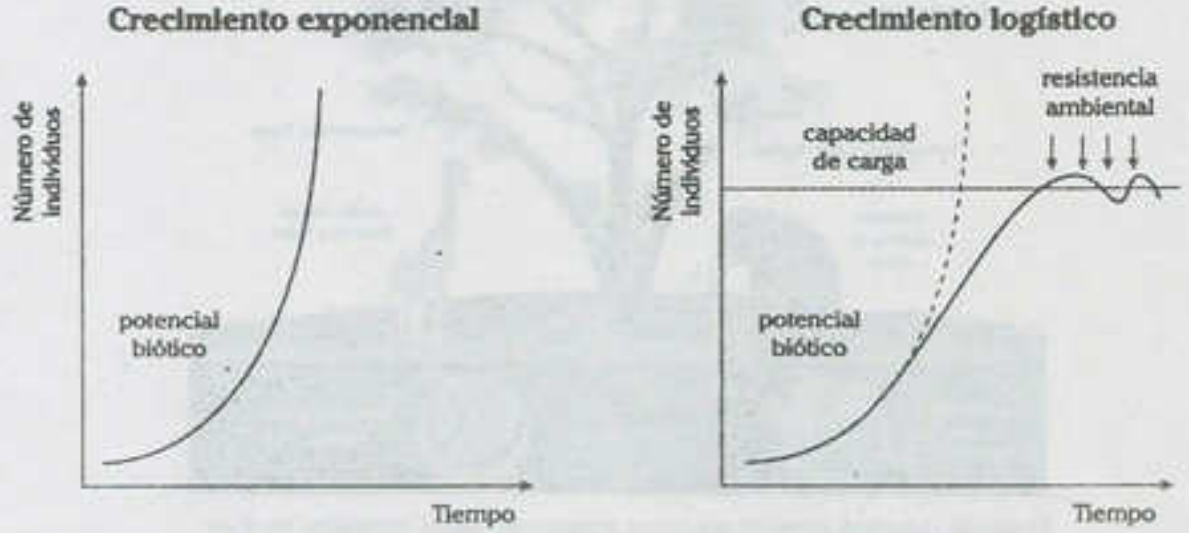
a. Crecimiento **exponencial (geométrico)**

El número de individuos aumenta a un ritmo constante, ocurre bajo condiciones óptimas, en una población cuyos miembros tienen acceso a gran cantidad de alimentos y se reproducen de acuerdo a su potencial biótico. Su gráfica toma la forma de la letra J. Ninguna población real puede mantener un crecimiento exponencial por mucho tiempo en estas condiciones ideales debido a que los recursos son limitados.

Si una sola bacteria se reproduce asexualmente cada 20 minutos en condiciones ideales de laboratorio, luego de 20 minutos habrían 2, luego de 40 minutos habrían 4 y así sucesivamente. Si la reproducción continúa a esta velocidad sin muertes durante 36 horas, habrían suficientes bacterias para formar una capa de 30 cm de grosor en toda la superficie de la Tierra.

b. Crecimiento logístico (sigmoideo)

Una población podría aumentar exponencialmente durante un tiempo, pero su cantidad deja de aumentar a consecuencia de la limitación de los recursos y de otros factores como la acumulación de desechos. El número máximo de individuos que pueden vivir en un espacio se denomina capacidad de carga. Luego de lograr su capacidad de carga, la población logra una estabilidad donde el tamaño poblacional fluctúa levemente. La gráfica toma la forma de la letra S.



Representación gráfica del crecimiento de tipo exponencial y de tipo logístico.

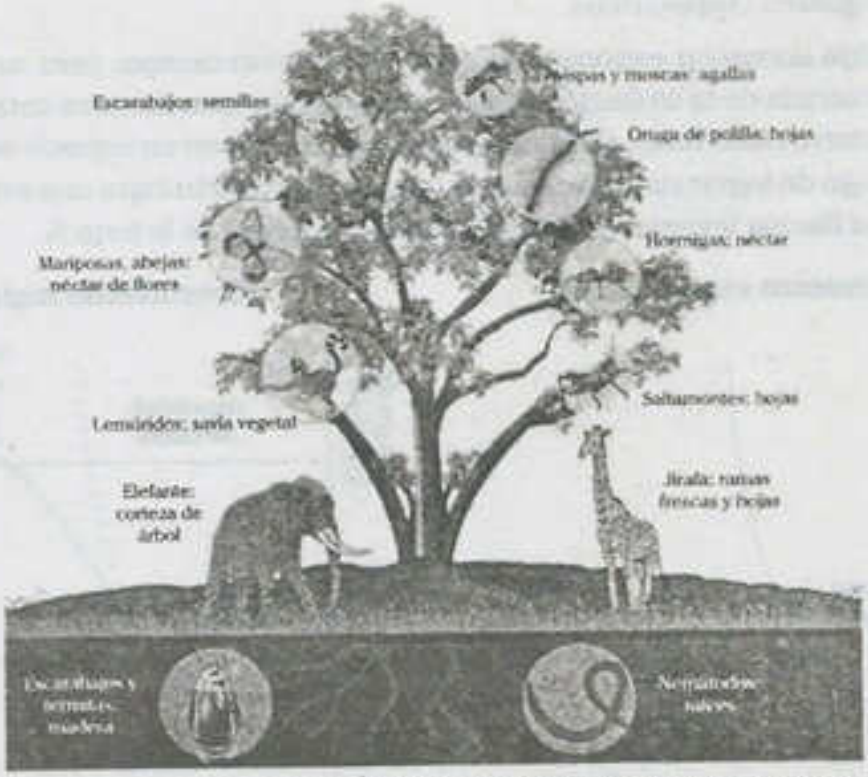
2▸ COMUNIDAD BIÓTICA

Es la asociación de poblaciones de diferentes especies que viven e interactúan en el mismo ecosistema al mismo tiempo. El principal factor que determina el tipo de comunidades es el clima, mientras que las interrelaciones al interior de las comunidades son las responsables de su composición, su estructura y su funcionamiento.

La comunidad biótica de un humedal altoandino está conformado por poblaciones interrelacionadas de diferentes especies, destacando la parihuana (*Phoenicopterus andinus*), las garzas, los zambullidores, etc.

2.1. NICHO ECOLÓGICO

El nicho ecológico es la "profesión de la especie en el hábitat". Comprende la totalidad de las adaptaciones de un organismo, el uso que hace de los recursos y el modo de vida para el cual es apto; además es resultado de las interacciones que se establecen entre ellas y con su ambiente. En la comunidad biótica, cada una de las especies posee nichos ecológicos distintos. A mayor similitud de nichos ecológicos entre dos especies, es mayor el grado de competencia entre ellos.



El uso de recursos alimenticios como aspecto del nicho ecológico de diversas especies en una planta de acacia.

2.2. ATRIBUTOS DE UNA COMUNIDAD

La comunidad posee un conjunto de atributos o rasgos distintivos que no están presentes en cada una de las poblaciones que lo componen. Cada comunidad posee una composición, estructura y funcionamiento característico.

2.2.1. Composición de una comunidad

Diversidad específica

Está en relación a la variedad de especies que forman una comunidad y la abundancia relativa de cada una de ellas. La diversidad específica es más elevada en comunidades de regiones tropicales y disminuye hacia los polos. En el Perú, las comunidades con mayor diversidad de especies son los bosques tropicales y el mar frío, y el de menor diversidad es el desierto.

La comunidad de manglares de Tumbes comprende especies de mangles, aves fragata, nutria del noroeste, etc.

Grupo taxonómico	Número de especies
aves	148
mamíferos	10
reptiles	10
peces	145
moluscos	57
crustáceos	34
plantas	41

Tabla de la riqueza de especies en el Santuario Nacional Manglares de Tumbes, según Sernanp 2011.

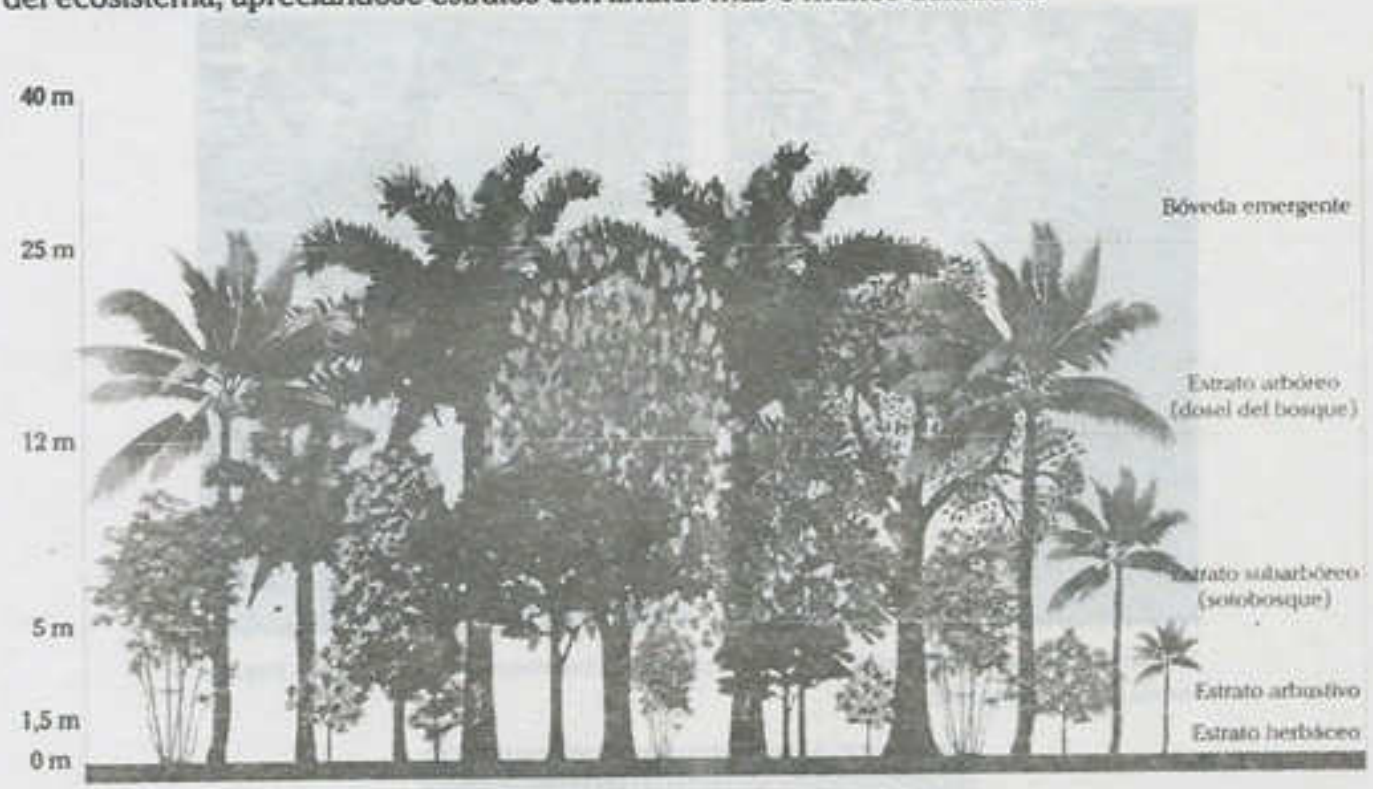
Dominancia

Una especie tienen una gran influencia sobre la presencia y distribución de otras especies en la comunidad. Este predominio puede estar dada por su abundancia o su gran actividad. Por ejemplo, la especie dominante en el Santuario Natural Manglares de Tumbes es el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), y es la que proporciona alimento a muchos organismos, además de modificar la disponibilidad de luz en las partes bajas, es el microhábitat para otras especies.

2.2.2. Estructura de una comunidad

Estructura física o estratificación

Las comunidades no son nunca totalmente homogéneas, la distribución y abundancia de sus especies varían de acuerdo al cambio de las condiciones y la disponibilidad de los recursos al interior del ecosistema, apreciándose estratos con límites más o menos definidos.



La desigual distribución de humedad e intensidad lumínica en un bosque tropical permite distinguir un estrato arbóreo, estrato arbustivo, estrato herbáceo, estrato lianoide y estrato muscígeno.

Estructura trófica o alimentaria

Relaciones alimentarias entre las especies que conforman la comunidad. Los integrantes de la comunidad pueden diferenciarse en productores, consumidores y desintegradores.

2.2.3. Funcionamiento de una comunidad

Productividad

Es la velocidad a la que se producen biomasa o materia viva en una comunidad. Permite medir la eficacia en el flujo de materia y energía en un ecosistema. La mayor productividad ocurre en bosques tropicales, lo contrario ocurre en desiertos áridos y altamar.

Interacción

En una comunidad existen determinadas interacciones entre los organismos de una misma especie o entre individuos de especies diferentes.

Sucesión ecológica

Desarrollo secuencial de una comunidad con el tiempo, que implica la sustitución de las especies de plantas y animales, en una secuencia más o menos pronosticable. Es una manifestación del dinamismo espacial y temporal de las comunidades bióticas.

Atributo	Selva tropical	Mar	Puna
diversidad	alta	alta	baja
dominancia	árboles	fitoplancton	pastizales
productividad	alta	alta	baja

Tabla de comparación de los atributos de las comunidades de tres ecosistemas en el Perú.

2.3. INTERACCIONES EN LAS COMUNIDADES

Los seres vivos no viven aislados en la naturaleza, sino que comparten el ambiente con otros organismos, desarrollando relaciones intraespecíficas con organismos de su misma especie e interespecíficas con organismos pertenecientes a otras especies.

Estas interacciones determinan el número y tipo de especies presentes, su distribución espacial y temporal dentro de la comunidad.

2.3.1. Relaciones intraespecíficas

a. Asociaciones intraespecíficas

Los individuos de una población se asocian formando grupos para obtener beneficios como defensa contra los depredadores, obtención cooperativa de alimentos y cuidado conjunto de la prole. Las asociaciones intraespecíficas pueden ser las siguientes:

Asociaciones coloniales

Está constituida por individuos resultado de la reproducción asexual de un progenitor y que permanecen juntos de forma permanente. En la colonia, los componentes pueden ser todos morfológico y funcionalmente idénticas, como en los corales y esponjas, o bien puede tratarse de una asociación colonial con división del trabajo, acompañada de una diferenciación morfológica de sus individuos como en la fragata portuguesa, cuyos individuos están tan especializados que pierden su individualidad, de modo que la colonia actúa como un solo individuo.

Asociaciones familiares

Son aquellas formadas por los progenitores y su descendencia. Normalmente, cuando la descendencia alcanza la madurez, busca pareja para formar otra familia. Por ejemplo, gorilas y cigüeñas.

Asociación gregaria

Está constituida por individuos no necesariamente emparentados de forma directa, que se agrupan para migrar, defenderse mutuamente, buscar alimento o aparearse, pero sin alcanzar un grado elevado de organización en sus actividades. Por ejemplo, bancos de peces (sardinas, atún), bandadas de aves migratorias (golondrinas), manadas de mamíferos (renos, ñúes) e insectos (langostas, mariposas monarca).

Asociación estatal: "sociedad"

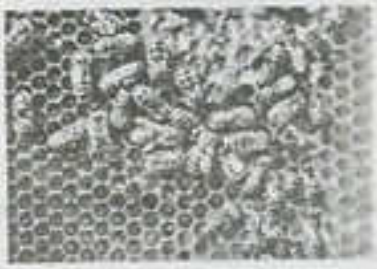
Está formada por individuos que comparten un lugar en donde viven (hormiguero, colmena, termitero) y en las que hay una jerarquía, alto grado de organización y especialización del trabajo entre sus miembros, que lleva consigo la aparición de castas, morfológica y fisiológicamente distintas. Por ejemplo, insectos sociales como las abejas, las termitas y las hormigas.

ASOCIACIONES INTRAESPECÍFICAS

Asociación colonial en esponjas

Asociación gregaria en parihuanas

Asociación familiar en guanacos



Asociación estatal en abejas

b. Competencia intraespecífica

Los animales de una misma especie utilizan los mismos recursos. Si aumenta el número de individuos de una población, se produce una competencia por la obtención de un recurso limitado. El efecto de la competencia se traduce siempre en un impacto negativo sobre la fecundidad y la supervivencia de los individuos.

2.3.2. Relaciones interespecíficas

Una interacción interespecífica es una acción recíproca que se realiza entre dos poblaciones de especies diferentes. Una especie puede beneficiarse (+), perjudicarse (-) o un efecto nulo (0) de dicha relación.

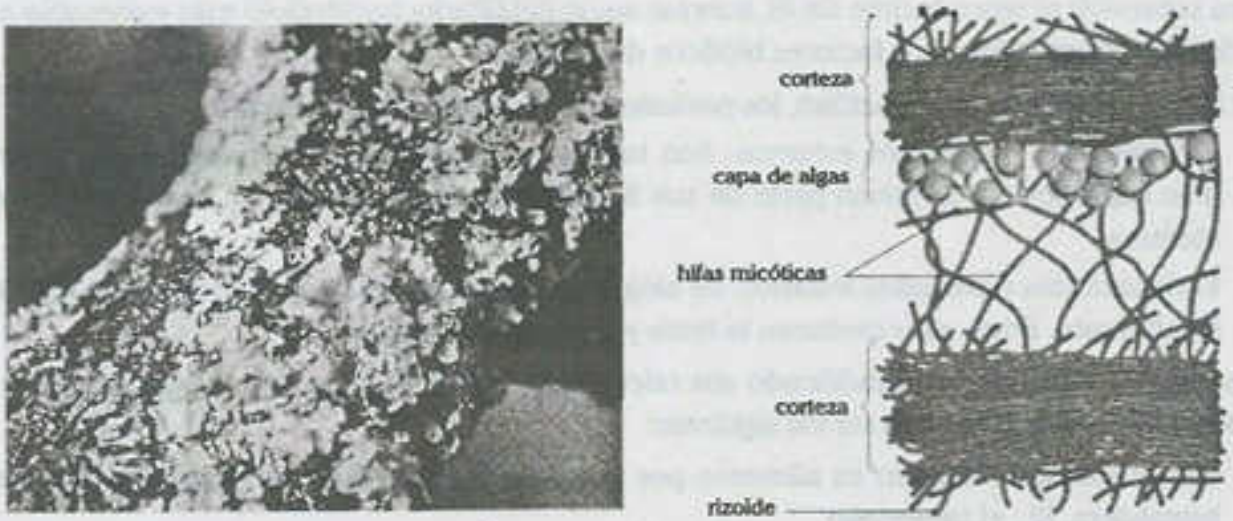
Algunas de estas relaciones son de tipo simbióticas, considerando a la simbiosis "vivir juntos" como una relación estrecha y a largo plazo entre organismos de especies diferentes denominados simbiontes. Se reconocen tres tipos principales de relaciones simbióticas: mutualismo, parasitismo y comensalismo. El resto de relaciones es de tipo no simbiótica.

a. Mutualismo

Relación necesaria y permanente entre dos especies que resulta beneficiosa para ambas. Ejemplos, líquenes, micorrizas, nódulos entre otros.

Líquenes

Asociación de hongos y algas. Los hongos proveen soporte y minerales a las cianobacterias o algas verdes que albergan entre sus hifas, estos a su vez proveen al hongo de productos de la fotosíntesis.



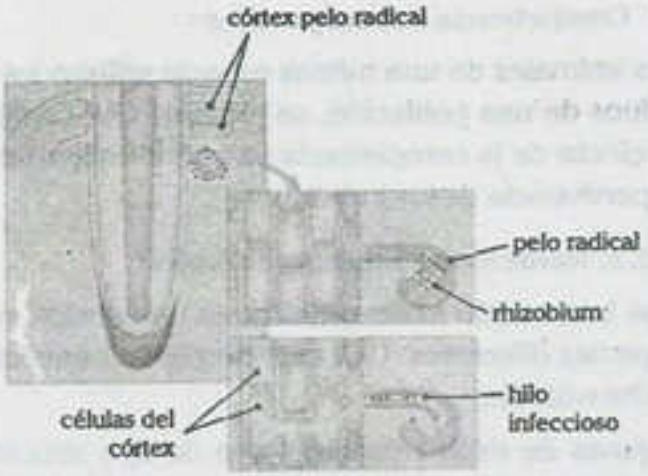
Estructura de un líquen costráceo

Micorrizas

Asociación de hongos con raíces de plantas. Las hifas del hongo penetran las células de la raíz abasteciendo de minerales a la planta y las plantas proveen de productos fotosintéticos al hongo. Alrededor del 80% de todas las especies de plantas poseen micorrizas.

Nódulos

Raíces de leguminosas con bacterias fijadoras de nitrógenos como el Rhizobium. Las bacterias reciben protección y nutrientes de su planta hospedadora mientras que la proveen de nitrógeno útil.



Formación de nódulos por Rhizobium en raíces leguminosas.

Las termitas

Tienen protozoos en sus intestinos que les ayudan a digerir la celulosa de la madera que ingieren. Las termitas juveniles deben adquirir sus protozoos comiendo las heces de otras termitas. Si se les impide hacerlo mueren rápidamente.

b. Parasitismo

Relación simbiótica en la cual un parásito se beneficia obteniendo nutrientes de otra especie a quien se denomina hospedera. Un parásito rara vez mata al hospedador de manera directa, ya que no logra sobrevivir ni reproducirse sin él, aunque suele debilitarlo, haciéndolo más vulnerable a los depredadores, competidores o factores bióticos del estrés.

- De acuerdo al lugar donde actúan, los parásitos pueden ser los siguientes:
  - Ectoparásitos o parásitos externos: Son los que viven fuera del hospedador, se adhieren a su superficie y succionan parte de sus líquidos, como las garrapatas, mosquitos, piojos, etcétera.
  - Endoparásitos o parásitos internos: Se alojan en el interior del hospedador donde obtienen su alimento. Entre ellos destacan la tenia y la lombriz intestinal.
- Las plantas parásitas han modificado sus raíces para invadir la capa de madera nueva de los árboles huéspedes. Pueden ser los siguintes:
  - Hemiparásitas: Fabrican su alimento por fotosíntesis, pero obtienen agua de otra planta hospedera. Ej.: el muérdago
  - Holoparásitas: Incapaces de fabricar su alimento, lo obtienen de la planta hospedera. Ej.: la cúscuta.

Un caso especial de parasitismo es el parasitismo social: cuando un animal toma ventaja del comportamiento social de su huésped para completar su ciclo vital. Los cucúes colocan sus huevos en los nidos de tordos de cabeza marrón, donde son incubados y expulsan los huevos del mismo tordo.

Cuando un parásito causa enfermedad y ocasionalmente la muerte de su hospedero, se denomina patógeno. Ej.: algunas bacterias y protozoos.

c. Comensalismo

Es una interacción en la que una especie se beneficia, mientras que la otra no es perjudicada ni beneficiada. Originalmente fue usado para describir el uso de comida de desecho por parte de un segundo animal, como los organismos de una especie carroñera que se alimentan de los restos de alimento dejado por los predatores. Otras formas de comensalismo incluyen lo siguiente:

- La foresia o comensalismo de transporte: Es la relación que existe entre dos especies cuando una es transportada pasivamente por otra. Por ejemplo, la rémora sobre el tiburón o las lapas en las barbas de ballena.
- Inquilinismo: Especie denominada inquilina que habita en el interior de otro individuo hospedero, obteniendo cobijo y protección, sin perjudicarla. Por ejemplo, el pez aguja que vive en el interior del pepino de mar o el pájaro carpintero que vive en los agujeros que hace en los árboles.
- Epibiosis: Relación que se da entre dos organismos cuando uno vive sobre el otro. Cuando una planta vive sobre otra planta se denomina epifita, cuando un animal vive sobre otro se denomina epizoico. Plantas epífitas (que crecen encima de otra planta) y algunos árboles. En este caso, las plan tas epífitas obtienen, gracias al lugar donde se fijan, la luz necesaria para fotosintetizar; sin embargo, no obtienen agua ni nutrientes del árbol.
- Tanatocresis o metabiosis: Consiste en el aprovechamiento que realiza una especie de restos, esqueletos de otra especie con el fin de protegerse o servirse de ellos como herramientas. Por ejemplo, el cangrejo ermitaño que protege su blando abdomen introduciéndose en la concha vacía de un caracol, y el pinzón carpintero de las islas Galápagos, que utiliza una espina de cacto para extraer los insectos de los agujeros.

Inquilinismo en pez payaso y anemona

Foresia en raya y rémora

Bromelias epifitas en plantas arbóreas

d. Protocooperación

Denominado también mutualismo facultativo. Cuando dos especies que interactúan se benefician de alguna forma, pero la relación no es esencial para la supervivencia de ninguna. Por ejemplo, Las hormigas y los áfidos pueden sobrevivir bien uno sin el otro, pero las hormigas protegen a los áfidos mientras se alimentan de las secreciones azucaradas que estos últimos secretan. Los peces mariposa se alimentan de las algas presentes en el caparazón de la tortuga verde, mientras estas se benefician con la limpieza.

hormigas y áfidos

tortuga verde y peces mariposa

e. Competencia

La competencia ocurre cuando dos o más individuos intentan utilizar un mismo recurso vital cuya disponibilidad en el ambiente es limitada, tal como como alimento, agua, luz, refugio, espacio vital, sitios de nidificación o las madrigueras, provocando en los competidores, una disminución en su crecimiento, reproducción y supervivencia. Producto de la competencia en la comunidad, una especie desplaza y elimina a otra (exclusión competitiva), o cada especie se especialice en la utilización de distintas partes del mismo recurso (especialización).

f. Depredación

Una especie denominada depredadora se beneficia alimentándose total o parcialmente de otra. Podemos definir dos tipos de depredación:

- Carnivoría: Una especie depredadora, captura, mata y devora a otra denominada presa. La selección natural influye sobre ambas poblaciones, tiende a aumentar la eficiencia del predador para encontrar, capturar y consumir la presa; y por otro lado, favorece la aparición de nuevas adaptaciones de la presa para evitar ser encontrada, capturada y consumida.
- Herbivoría: Cuando un animal se alimenta de una parte del cuerpo de la planta (hojas, brotes tiernos, frutos, semillas) o un alga quien generalmente no muere. Los depredadores herbívoros comprenden especies domesticadas como ovinos, caprinos y vacunos, aunque también especies silvestres como vicuña, guanaco, chinchilla.

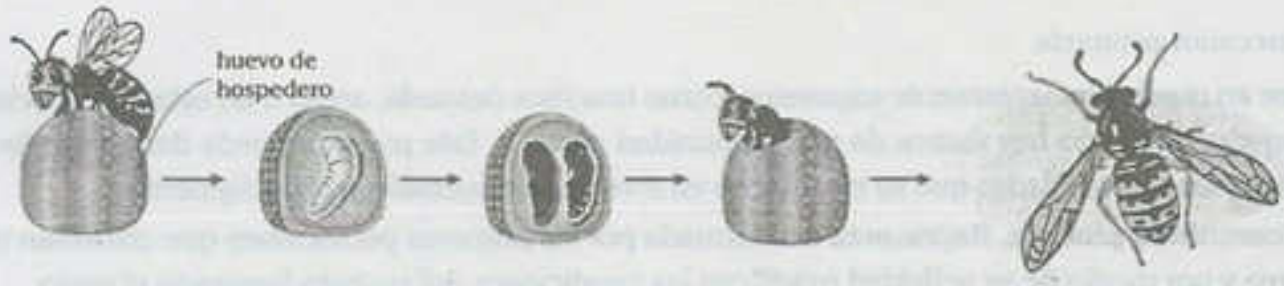
El jaguar, depredador carnívoro, cazando un caimán negro.

La vicuña es un depredador herbívoro que se alimenta de ichu.

g. Parasitoidismo

Ocurre cuando un insecto pone sus huevos en el huevo o el cuerpo de otro insecto, la maduración de la fase larvaria ocurre al devorar al hospedero desde adentro. A diferencia de los parásitos, los parasitoides siempre matan a su hospedero de forma directa.

Algunos himenópteros (avispas) y pocos dípteros (moscas) son parasitoides usados como controladores biológicos de plagas, forma alternativa al uso de plaguicidas químicos o insecticidas.



Existen más de 220 avispas del género Trichogramma que controlan varios insectos que pueden llegar a ser plaga en los cultivos

h. Amensalismo

Una especie afecta de forma adversa a otra, sin ser afectada por la especie a la que perjudica. Se distinguen dos formas importantes:

- **Alelopatía**: Amensalismo vegetal donde la presencia de una inhibe el crecimiento de la otra. Es conocido el caso de plantaciones de nogal, eucalipto y pino, donde no crecen otros vegetales. Otro ejemplo es de las plantas acuáticas en un ambiente eutrófico, que perjudican a las algas suspendida en el agua bajo ellos, ya que impiden el ingreso de luz para la fotosíntesis. Actualmente el concepto se extiende a la interacción de plantas con los insectos, hablándose de plantas insecticidas como el paraíso o los copetes.
- **Antibiosis**: Amensalismo en microbios. Por ejemplo, el hongo, *Penicillium notatum*, produce una sustancia llamada penicilina que impide el crecimiento de las bacterias.

i. Neutralismo

Se produce cuando hay dos poblaciones o más, que se encuentran en un mismo espacio geográfico, pero no interactúan entre sí y no se afectan una a la otra de ninguna manera.

2.4. SUCESIÓN ECOLÓGICA

Proceso de desarrollo de una comunidad en el tiempo, con sustitución de especies, en una secuencia que es pronosticable hasta cierto punto. Durante la sucesión ecológica, los cambios son tan variados como los ambientes en los cuales ocurre, sin embargo, es posible apreciar las siguientes tendencias generales:

a. aumento de la biomasa y la biodiversidad
b. aumentan la red de interacciones, brindando mayor estabilidad a las nuevas comunidades
c. incremento de la longitud de las cadenas tróficas
d. mayor diversificación de nichos ecológicos

La sustitución de comunidades debido a la alteración gradual del ambiente no vivo, conduce hacia una comunidad clímax con máxima diversidad de especies y relativamente estable, que persistirá a menos que la alteren fuerzas externas, como actividades humanas, sucesos naturales (como incendios, huracanes, inundaciones) o un cambio gradual en el clima.

2.4.1. Tipos de sucesión

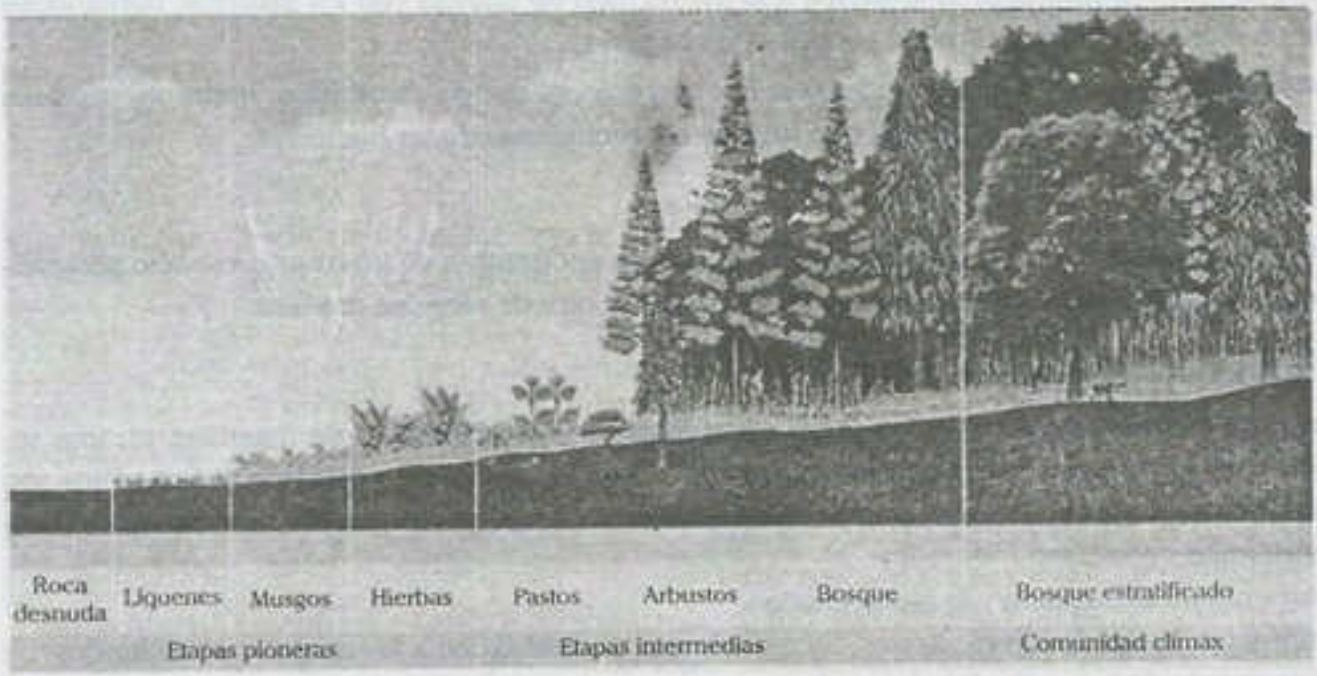
La sucesión tiene dos formas principales: primaria y secundaria.

a. Sucesión primaria

Ocurre en medios recientemente expuestos, como una roca desnuda, arena o un estanque glacial despejado, donde no hay rastros de una comunidad anterior. Este proceso puede demorar miles de años y las comunidades que se establecen en este tipo de sucesión son las siguientes:

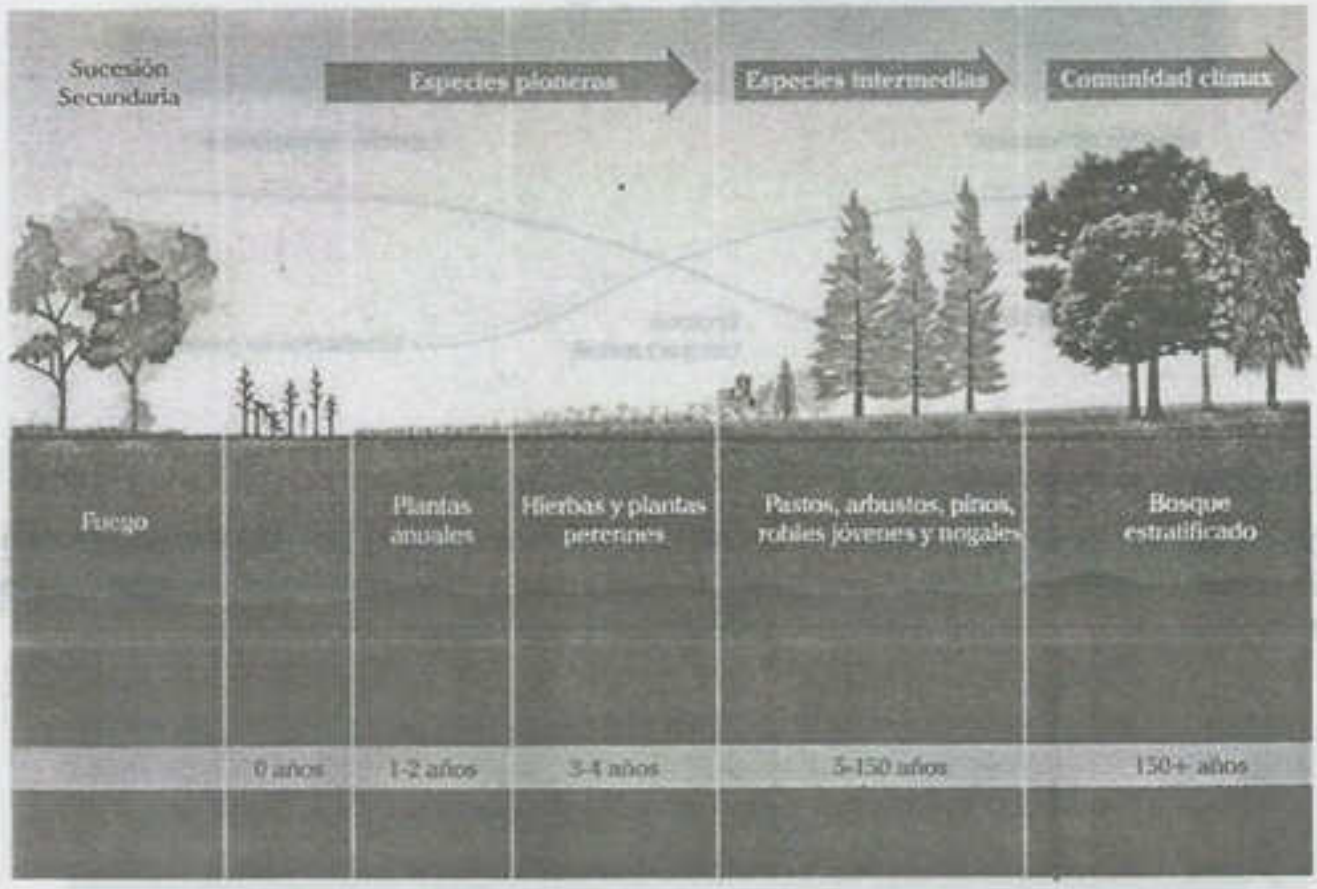
- **Comunidad pionera.** Representa a la formada por las primeras poblaciones que colonizan el área y por medio de su actividad modifican las condiciones del sustrato formando el suelo.
- **Comunidades serales.** Se constituyen por las poblaciones que se encuentran de manera transitoria en el area y son capases de aprovechar las condiciones creadas por la comunidad anterior, y a su vez continúan modificando al medio favoreciendo el establecimiento de la comunidad clímax.
- **Comunidad clímax.** Es la comunidad final de una sucesión ecológica que comprende a las poblaciones que alcanzan un alto grado de organización y estabilidad de acuerdo a las características del clima y del suelo sobre el cual se desarrolló la sucesión.

La totalidad de comunidades necesarias para que un área alcance el clímax recibe el nombre de sere o serie sucesional.



b. Sucesión secundaria

Desarrollo de una comunidad en un ambiente donde existió una comunidad previa, pero han sufrido perturbaciones como los incendios forestales o el abandono de un campo agrícola, que han hecho desaparecer a los organismos. Este tipo de sucesión es más rápida que la sucesión primaria por que la comunidad anterior ha dejado su marca en la forma del suelo y semillas.



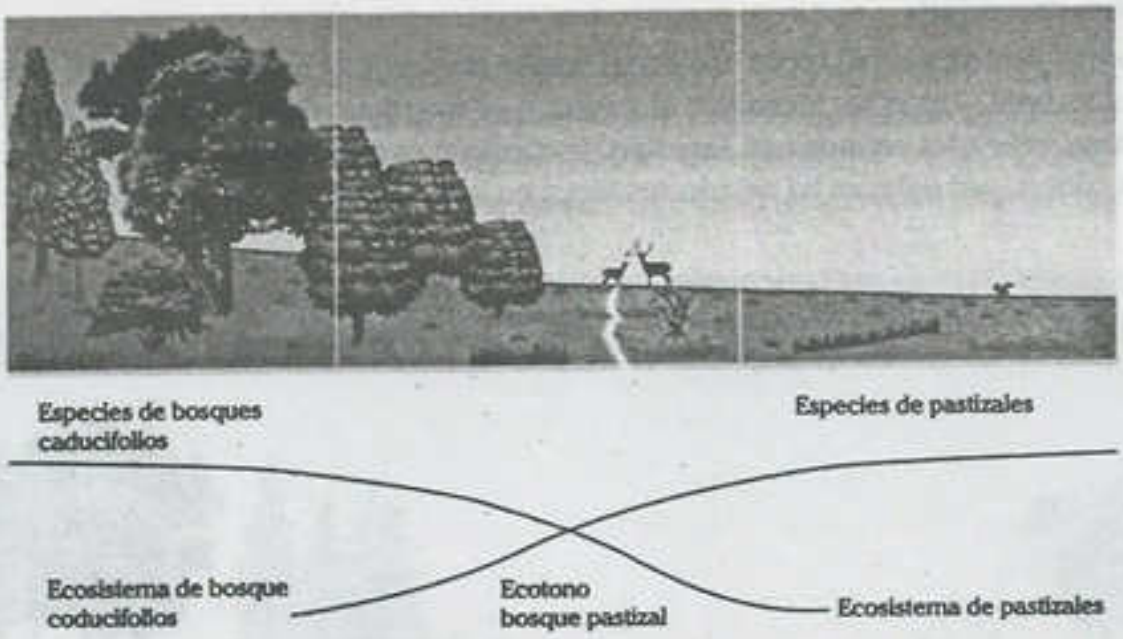
3› Bioma

Es la gran comunidad biótica, con un tipo dominante de vegetación adaptada a condiciones relativamente uniformes de clima, suelo y agua en una región. Por extensión, el término *bioma* es usado también para comunidades de ambientes acuáticos marinos o de agua dulce.

Un bioma es una categoría, no un lugar. Esto quiere decir que cuando se habla de un bioma específico, como el bioma de selva tropical, no se habla de una región en particular, sino de todas las selvas tropicales del planeta.

Los diversos microclimas alteran la uniformidad de los biomas y generan variaciones a su comunidad. Por ejemplo, en el bioma desértico existen lomas formadas por influencia de la neblina invernal y humedales formadas por afloramiento de aguas subterráneas de la napa freática.

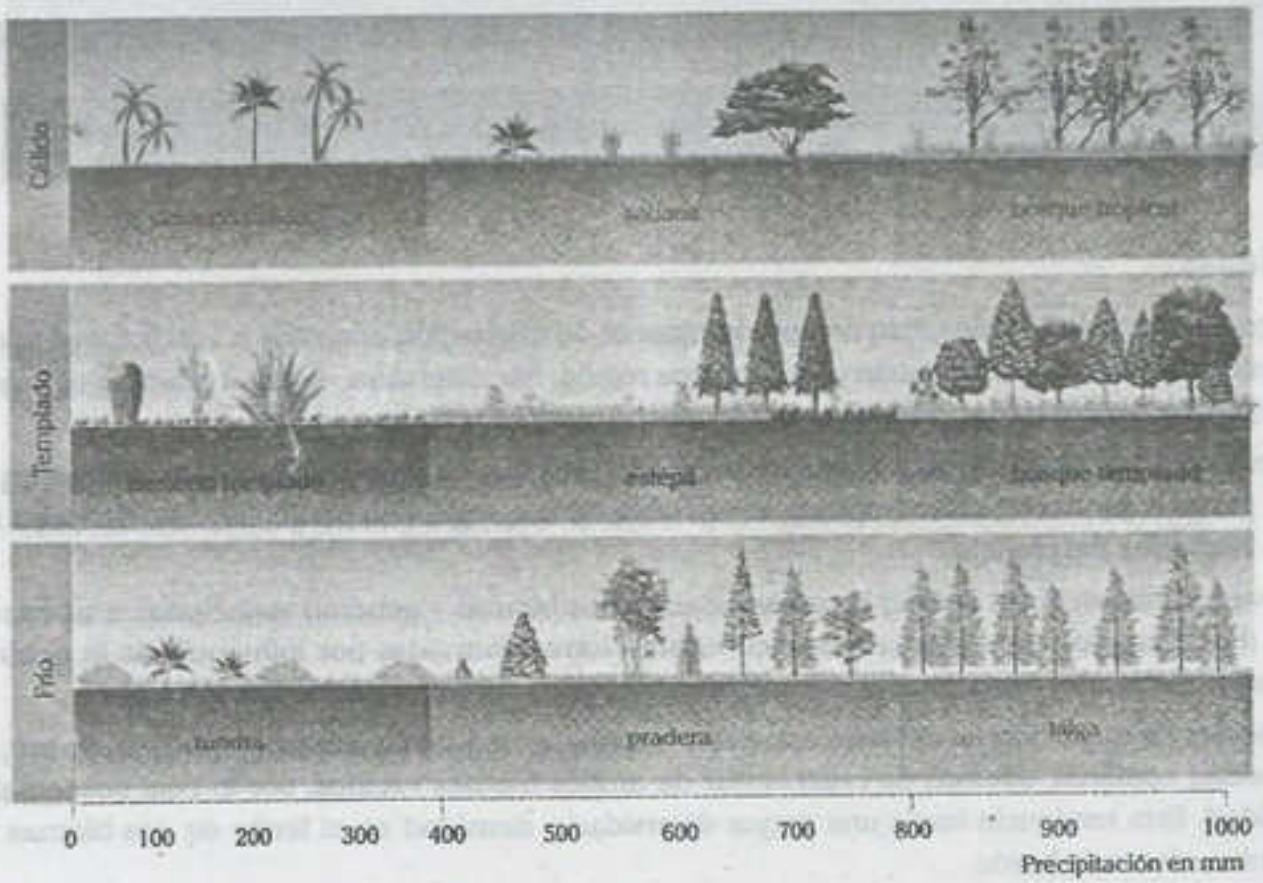
La regiones de transición en el límite entre dos biomas se denomina **ecotono**; presenta su propia comunidad ecotonal, además de organismos de ambos biomas vecinos, por lo cual poseen alta diversidad. Esta tendencia hacia una mayor diversidad y densidad en el límite de dos biomas se denomina efecto de borde.



twitter.com/calapenshko

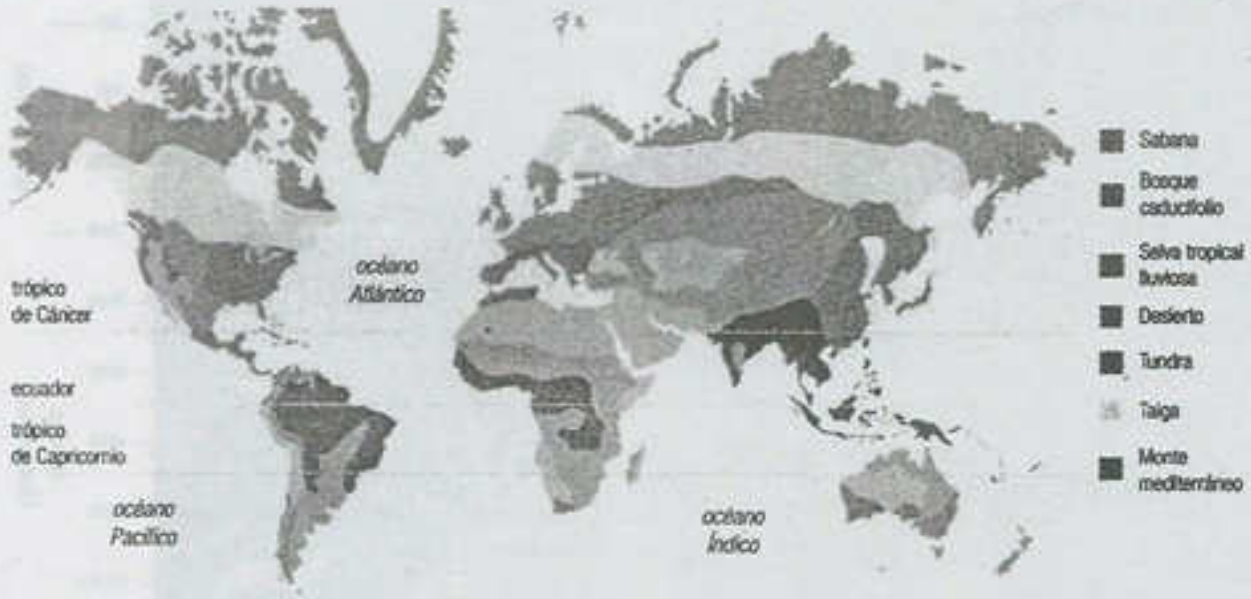
3.1. BIOMAS TERRESTRES

Debido a que las condiciones climáticas no son uniformes, tampoco lo son los biomas presentes. Los biomas terrestres se clasifican por el tipo de vegetación predominante que presentan; la cual está determinada a su vez por dos factores climáticos: temperatura y precipitación.



Entre los biomas terrestres más importantes tenemos los siguientes:

- Desierto: Presenta escaza vegetación adaptada a un clima cálido con escaza precipitación y suelo árido. La vegetación consta de plantas que sincronizan su ciclo vital, matorrales de raíces largas, cactáceas y otras suculentas.
- Tundra: Presentes en regiones cercana a los polos y de gran altitud, posee una vegetación con predominio de plantas herbáceas dominantes, musgos y líquenes, adaptados a un clima frío con escaza precipitación y suelo generalmente congelado o permafrost.
- Estepa: Presenta una vegetación con predominio de matorrales y hierbas xerófilas adaptadas a un clima seco con variaciones extremas de temperatura a lo largo del año y a un suelo con poca materia orgánica.
- Sabana tropical: Posee vegetación con predominio de herbáceas, arbustos y árboles dispersos; adaptadas a un clima cálido con variaciones extremas de precipitación a lo largo del año. Es característico las grandes migraciones durante la estación seca.
- Pradera: Poseen vegetación con predominio de árboles de un solo estrato, además de hierbas y matorrales adaptados a un clima templado, con una época de lluvia y otra de sequía. Posee un suelo generalmente pedregoso.
- Bosque tropical (bosque perennifolio): Ocupan extensas superficies cercanas al ecuador, prosperan en climas cálidos con alta precipitación. Posee una vegetación con predominio de varios estratos de plantas arbóreas, que alberga una fauna muy diversa.
- Bosque templado (bosque caducifolio): Presenta una vegetación con predominio de plantas leñosas caducifolias como el roble, haya y encina, adaptado a un clima templado con estaciones bien definidas y a suelos pardos ricos en humus.
- Bosque frío (Taiga o bosque de coníferas): Presente en el hemisferio norte y zonas montañosas, posee vegetación con predominio de coníferas como el pino y ciprés, adaptadas a un clima muy frío con temperaturas invernales menores a –10° C y un verano relativamente corto.



Distribución mundial de principales biomas terrestres. En regiones con tipo de clima similar, se desarrolla el mismo tipo de bioma.

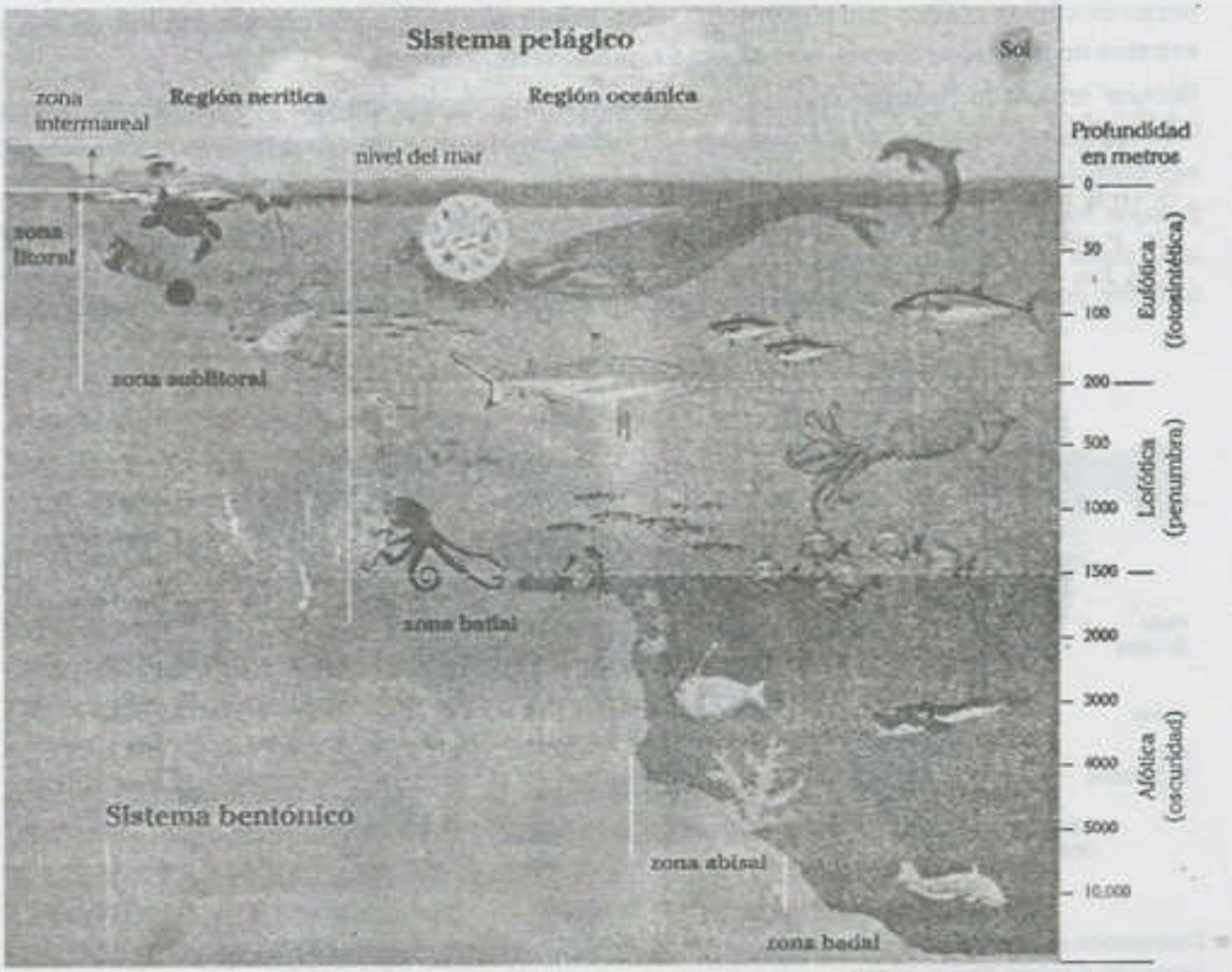
3.2. BIOMAS ACUÁTICOS

Los biomas acuáticos pueden ser marinos y de agua dulce. En cada uno de ellos existen regiones con iluminación, temperatura, corrientes y composición química distintas, determinando diferentes tipos de comunidades.

3.2.1. Biomas marinos

Básicamente son dos: el nerítico y el oceánico o pelágico.

- Bioma nerítico: Están cercana a las costas, en las aguas sobre la plataforma continental, con escasa profundidad, alta iluminación de sus aguas y abundancia de nutrientes debido al fenómeno de afloramiento. Las aguas superficiales albergan el plancton que favorece la abundancia de peces, lobos marinos y aves guaneras. En el borde costero u orilla se diferencian comunidades de transición de litoral rocoso, playas de arena, fango intermareal y un estuario de marea dominado por marismas.
- Bioma oceánico alejadas de las costas y con gran profundidad: Está constituida por una zona fótica (iluminada) en la que encontramos algas y peces y una zona afótica que a su vez se divide en batial y abisal; al carecer de luz no podemos encontrar algas, aunque si moluscos, crustáceos y peces abisales.



Las formas de vida presentes en el bioma comprenden el **plancton** que está constituido por algas microscópicas, crustáceos pequeños, huevos y larvas de peces e invertebrados flotantes, que son arrastrados pasivamente por la actividad de las aguas; el **necton** que está constituido por peces y moluscos que tienen medios adecuados para nadar y son capaces de contrarrestar las corrientes marinas; el **bentos** que comprenden a las algas y animales que habitan el fondo marino, ya sea desplazándose por él (cangrejos, estrella de mar, pulpo), adeheridas a un sustrato (algas, esponjas) o inmersas en las arenas o lodos del fondo marino (gusanos, muy-ñuy, almejas).

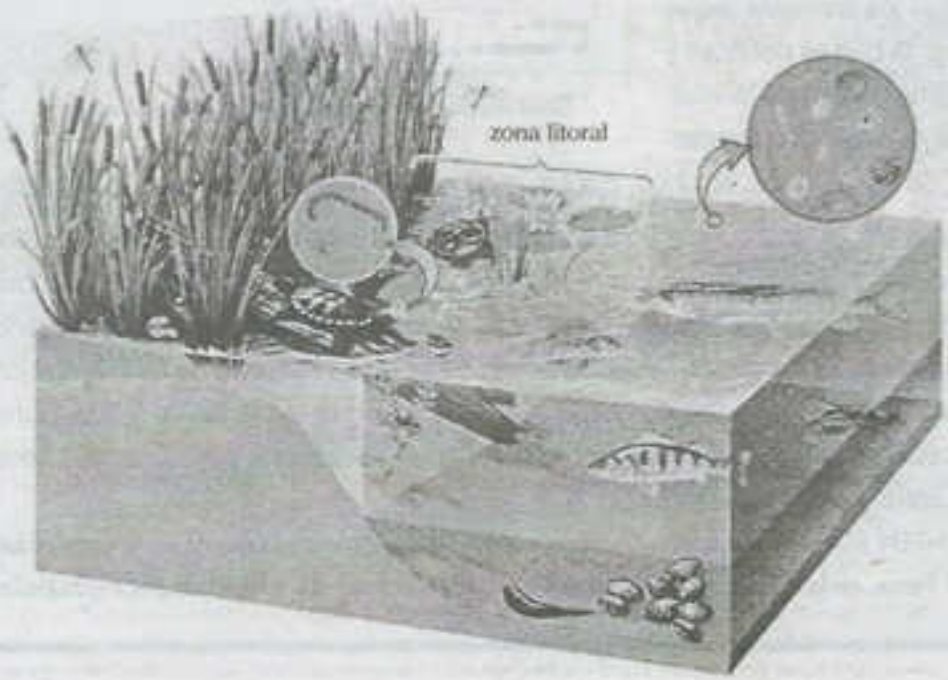
En algunas regiones de fondo oceánico, generalmente en las zonas de contacto entre las placas litosféricas se han desarrollado comunidades hidrotermal conformado por microorganismos adaptados a las altas temperaturas de las aguas.

3.2.2. Biomas dulceacuícolas

- Los biomas de aguas quietas o lénticas, comprenden lagos y lagunas; en cada una de ellas se distingue una zona litoral con vegetación enraizada a lo largo de la orilla, una zona limnética de aguas abiertas dominadas por el plancton y una zona profunda dominada por heterótrofos. Los lagos someros son más fértiles con lo que la producción de peces suele ser inversamente proporcinal a la profundidad. Los lagos se clasifican en oligotróficos con poca comida y eutróficos con mucha comida.
- Los biomas con aguas corrientes o lóticos: comprenden torrentes como ríos, arroyos; debido a que su tamaño y volumen aumentan, las condiciones ambientales y su diversidad cambian desde su nacimiento hasta su desembocadura. Generalmente la diversidad es máxima en el curso medio de un río.

  Otros biomas dulceacuícolas corresponden a comunidades desplegadas en manantiales de aguas termales y en aguas subterráneas.

BIOMA DE AGUAS QUIETAS



El hábitat de la vicuña

El hábitat natural de la vicuña se conforma por el paisaje altoandino, con presencia de nevados, lagunas de origen glaciar y riachuelos, laderas empinadas, afloramientos rocosos, colinas y una amplia cobertura de pastizales. Los pastizales del tipo césped de puna, pajonales y bofedales, tienen una composición de especies vegetales que sirven de alimento para la vicuña.

La vicuña es conocida como un animal gregario y territorial. Un individuo requiere entre 3 y 5 ha al año con un mínimo de 30% de pastos de buena calidad. La especie, si bien es generalista, es selectiva con la calidad de pastos que ingiere.

Estos animales se alimentan generalmente en pajonales y césped de puna. Los pastos de los cuales se alimentan pertenecen a los géneros Calamagrostis, Poa, Bromus y Stipa (familia Poaceae); Hypochoeris, Werneria y Senecio (familia asteraceae).

Los pastos de la puna son duros y contienen sílice, ante ello la dentición de la vicuña es continua hasta los 5 años de edad, en que comienza a acelerarse el desgaste de sus incisivos hasta el punto en que los animales viejos ya no puedan pastar, por lo que se debilitan y mueren. La forma de alimentación de la vicuña consiste en cortar los pastos y no arrancarlos de raíz, a diferencia de los vacunos, equinos, ovinos, etc, que sí lo hacen, destruyendo el suelo.

Distribución de la vicuña en los países andinos

Como protección contra el frío, la vicuña tiene fibra con alto poder calórico capaz de retener el calor corporal; en el pecho posee un vellón de pelo largos, tupidos y muy finos, que le sirven para cubrir las patas delanteras al dormir echada en el suelo. Como adaptación al menor contenido de oxígeno en el aire (hipoxia) por la altura, la sangre de la vicuña posee cerca de 14 millones de glóbulos rojos por mm^3 y con alto contenido de hemoglobina para hacer más eficiente la captación y transporte de oxígeno. La vicuña coexiste con camélidos andinos, la vizcacha y el venado por ejemplo, y tiene como depredadores al zorro y al puma.

KORSWAGEN EGUREN, Stefanie. "Análisis espacial del hábitat de la vicuña en la comunidad campesina de Tanta, en la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas". En <Revistas.pucp.edu.pe/>.

Preguntas resueltas

Pregunta 1

¿Cuál de los siguientes enunciados hace referencia correctamente a una población?

A) la vegetación de Lomas de Lachay
B) los auquénidos de la Reserva Nacional Pampas Galeras Barbara D'Achille
C) el fitoplancton del mar frío de la corriente peruana
D) las Puyas de Raymondi en el Parque Nacional Huascarán
E) los aguajales en la Selva Baja

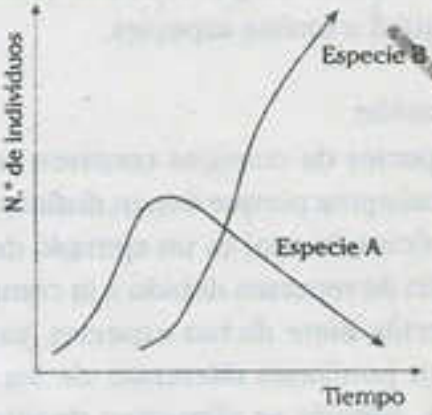
Resolución

Una población es el conjunto de individuos de una misma especie que habitan el mismo ecosistema al mismo tiempo, por tanto, Puyas de Raymondi en el Parque Nacional Huascarán. Constituyen una población.

Clave D

Pregunta 2

Dos especies vegetales A y B distribuidas en una misma región muestran las siguientes curvas de crecimiento poblacional:



De la gráfica se puede afirmar que

A) la especie B hace parte de la dieta de A.
B) la población de la especie B es una especie en peligro de extinción.
C) al eliminarse A, el tamaño de la población de B disminuye.
D) ambas especies son mutualistas.
E) la especie B es una especie invasora con mayor éxito reproductivo que A.

Resolución

Poblaciones con mayor éxito reproductivo poseer una curva de crecimiento con pendiente positiva. En la gráfica, la especie B surge posteriormente a la especie A en el ecosistema y el incremento en su población se debe a que aprovecha mejor los recursos que A y se adapta mejor a las condiciones ambientales. Estas características corresponden a una especie invasora.

Clave E

Pregunta 3

El sargazo de fondos rocosos sirve como refugio a muchos invertebrados. Esta afirmación hace referencia a su

A) posición trófica.
B) dinámica poblacional.
C) nicho ecológico.
D) patrón de distribución.
E) estratificación.

Resolución

El nicho ecológico del sargazo *Macrocystis pyrifera* se puede describir como una especie que vive en fondos rocosos entre 6 a 20 m de profundidad, bañado por aguas frías. Además de su rol como productores primarios, constituyen hábitat, refugio y alimento de una gran diversidad de invertebrados y peces, así como sustrato para otras especies de algas.

Clave C

Lumbreras Editores

3.2. BIOMAS ACUÁTICOS

El pulgón, *Acyrthosiphon pisum*, es un insecto que necesita de la sobreproducción de triptófano y otros aminoácidos de la bacteria Buchnera que vive en su intestino, mientras esta última requiere los lipopolisacáridos sintetizados por el pulgón para construir la capa externa de su pared, por lo que ninguno podría sobrevivir sin el otro. Esta relación interespecífica se denomina

A) depredación.
B) parasitismo.
C) neutralismo.
D) mutualismo.
E) comensalismo.

Resolución

El pulgón y la bacteria Buchnera son organismos simbióticos, tienen una relación necesaria, permanente y beneficiosa para ambos, por lo cual esta relación interespecífica es de tipo mutualista.

Clave D

Pregunta 5

Para escapar de sus depredadores en los océanos, los crustáceos se refugian en el interior de las esponjas, las que no se ven perjudicadas ni beneficiadas con esta estrategia. De acuerdo a esta información, ¿qué tipo de interacción se establece entre el crustáceo y la esponja?

A) simbiosis
B) inquilinismo
C) mutualismo
D) amensalismo
E) parasitismo

Resolución

Cuando una especie se beneficia, mientras que la otra no es perjudicada ni beneficiada, la relación se denomina comensalismo. La forma de comensalismo donde una especie brinda cobijo y protección a otra especie, se denomina inquilinismo.

Clave B

Pregunta 6

En un estudio de cinco especies de currucas se evidenció que los individuos de cada especie pasan la mayor parte de su tiempo alimentándose en zonas diferentes de los árboles que frecuentan. También se observó que se mueven en direcciones diferentes a través de la copa, consumen combinaciones diferentes de insectos y anidan en momentos ligeramente distintos. De acuerdo con esta información podemos afirmar que

A) la competencia por el mismo alimento ocasionará que una de las especies se extinga.
B) las especies conviven porque se alimentan en porciones diferentes de los árboles.
C) las especies no conviven en el mismo ecosistema porque habitan en lugares distintas.
D) todas las currucas pertenecen a la misma especie.
E) la competencia por el mismo alimento extinguirá a ambas especies.

Resolución

Las especies de currucas conviven en el mismo ecosistema porque tienen distintos hábitos alimenticios; lo cual es un ejemplo de una repartición de recursos debido a la competencia establecida entre dichas especies, ya que habitan en porciones diferentes de los mismos árboles, además se alimentan de una combinación diferente de insectos y anidan en momentos distintos.

Clave B

Pregunta 7

En un estudio, cada vez que la chinche *Velia caprai*, un insecto patinador de agua, atrapaba presas más pesadas de 7,9 g, otras chinches de la misma especie se acercaban y comían exitosamente partes de la presa. La relación establecida es de tipo

A) parasitismo.
B) comensalismo.
C) amensalismo.
D) depredación.
E) cooperación.

Resolución

El parasitismo de presa es un tipo de cleptoparasitismo que se encuentra entre algunos insectos y aves como algunas chinches, donde algunos individuos se aprovechan de las presas obtenidas por otros individuos.

Clave A

Pregunta 8

Las comunidades bióticas que por causas naturales o artificiales han sufrido una perturbación en su composición, manifiestan una sucesión ecológica, definida como

A) la variación en la distribución espacial de una especie.
B) una secuencia temporal de comunidades que ocurre en un lugar dado.
C) la distribución de especies biológicas de acuerdo a una gradiente altitudinal.
D) la evolución de una comunidad a largo plazo.
E) el recambio de poblaciones en un ecosistema por evolución de las poblaciones ancestrales.

Resolución

Una sucesión ecológica es una secuencia temporal de comunidades que ocurre en un ecosistema, con sustitución de especies, en una secuencia que es pronosticable hasta cierto punto. La sustitución de comunidades debido a la alteración gradual del ambiente no vivo conduce a una comunidad clímax relativamente estable.

Clave B

Pregunta 9

El nevado de Pastoruri en Áncash experimenta, en los últimos tiempos, un proceso de deglaciación, dejando al descubierto un sustrato rocoso que alberga una comunidad de líquenes que participan en la formación de suelo capaz de albergar una comunidad de herbáceas. Este cambio se explica por la

A) distribución de especies por gradiente altitudinal.
B) ocurrencia de una sucesión ecológica evolutiva.
C) existencia de una comunidad clímax.
D) eliminación de una sucesión ecológica secundaria.
E) formación de una sucesión ecológica primaria.

Resolución

El surgimiento de una comunidad vegetal en las regiones expuestas del sustrato rocoso en el nevado de Pastoruri corresponde a una sucesión primaria, la cual se caracteriza por el establecimiento de una comunidad en medios recientemente expuestos o donde no hay rastros de una comunidad anterior, tal como ocurre luego del surgimiento de islas a causa de una erupción volcánica.

Clave E

Lumbreras Editores

Preguntas propuestas

1. El conjunto de organismos vivos de la misma especie que habitan en un ecosistema se denomina

   A) comunidad.
   B) población.
   C) ecosistema.
   D) biota.
   E) biocenosis.

2. ¿Cuál es el máximo nivel de organización de la biocenosis de un ecosistema?

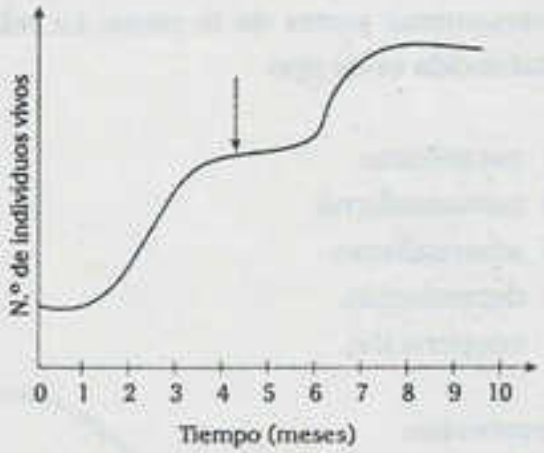
   A) individuo ecológico
   B) especie ecológica
   C) población
   D) comunidad biótica
   E) bioma

3. Respecto a las características de una población, indique la secuencia correcta del valor de verdad (V o F).

   I. Una población está formada por individuos de distintas especies.
   II. Es un sistema biológico que tiene estructura y función.
   III. La función define su distribución en el espacio.
   IV. Continuamente adiciona y sustrae individuos.

   A) VFVF B) FVFV C) VVFF
   D) FFVV E) FFFV

4. Una colonia de hormigas fue colocada en un recipiente de 100 cm^3 y luego de 5 meses, como indica la flecha, fue cambiada a otro recipiente de 200 cm^3. Durante todo el experimento los recursos alimenticios fueron ilimitados. Los resultados se muestran en el siguiente gráfico:



   Con respecto al gráfico, es correcto inferir que

   I. entre los meses 6 y 8, la tasa de natalidad y mortalidad son iguales.
   II. entre los meses 2 y 4, la tasa de natalidad supera a la tasa de mortalidad.
   III. el espacio utilizado por la colonia es determinante para su crecimiento.

   A) solo I
   B) solo II
   C) I y III
   D) II y III
   E) I, II y III

5. La evolución de la población en tiempo y espacio, que se expresa por el comportamiento de variables cuantitativas de la población, se denomina

   A) dinámica poblacional.
   B) variable demográfica.
   C) movimientos sociales.
   D) crecimiento natural.
   E) densidad poblacional.

Lumbreras Editores

6. En la Reserva Nacional Pampas galeras Barbara D'Achille, ubicada en la region Ayacucho, se protege a la vicuña (*Vicugna vicugna*). El seguimiento a las poblaciónes de esta especie ha brindado información relevante sobre los últimos dos años. Según el censo a finales del 2015 reportó 5777 individuos en toda la reserva cuya extension es de 6500 ha; además, se obtuvo la siguiente tabla:

	2016	2017
Nacimientos	580	540
Muertes	280	230
Emigración	160	120
Inmigración	120	160

Respecto a la dinámica poblacional comparativa podemos afirmar que la población

A) es decreciente.
B) ha expresado todo su potencial biótico.
C) es creciente.
D) ha alcanzado su capacidad de carga.
E) es estable.

7. El máximo tamaño poblacional que el ambiente puede sustentar en un periodo determinado, teniendo en cuenta el alimento, agua, hábitat, y otros elementos necesarios disponibles en ese ambiente, corresponde

A) al equilibrio poblacional.
B) al crecimiento de una población.
C) a la capacidad de crecimiento.
D) a la capacidad reproductiva.
E) a la capacidad de carga.

8. El ecosistema terrestre de mayor biodiversidad en el territorio peruano corresponde a

A) las estribaciones andina recubierta con vegetación estación del invierno.
B) los pastizales que se ubican en las zonas alto andina donde predominan un clima frío seco.
C) los arboles espaciados recubiertos con vegetación herbácea sobre la superficie con periodos corto de lluvias.
D) los bosques tropicales o ecuatoriales ubicados en la región oriental del territorio peruano.
E) la concentración en la zona de la Pampa de Heath en Madre de Dios.

9. Cuerpo de agua costero con acceso al océano abierto y un gran suministro de agua dulce de ríos

A) zona intermareal
B) estuario
C) humedal de agua dulce
D) provincia nerítica
E) ecosistema de aguas quietas

10. En lagos de agua dulce, la zona donde crece vegetación emergente es la región

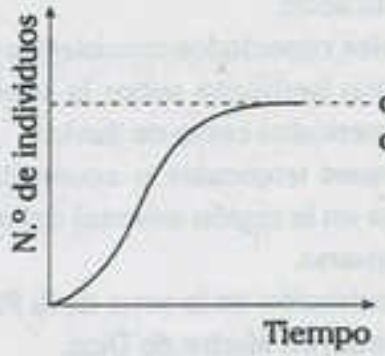
A) litoral.
B) limnética.
C) profunda.
D) nerítica.
E) intermareal.

11. En un hábitat que no ha sido previamente ocupado por organismo, el cambio en la composición de especies en el tiempo se denomina

A) desequilibrio ecológico.
B) sucesión primaria.
C) sucesión evolutiva.
D) cambios seculares.
E) sucesión secundaria.

Lumbreras Editores

12. El siguiente gráfico muestra una población que alcanza la capacidad de carga del ambiente en el que habita.



Del gráfico, indique el enunciado correcto.

A) Mientras menor es el número de individuos, más rápido se alcanza la capacidad de carga.
B) La capacidad de carga es independiente de la densidad poblacional.
C) Al alcanzar la capacidad de carga, el tamaño de la población se estabiliza.
D) Alcanzada la capacidad de carga, la población puede seguir creciendo.
E) La capacidad de carga es independiente del espacio disponible.

13. De acuerdo con el principio de exclusión competitiva, dos especies no pueden tener simultáneamente el mismo

A) hábitat.
B) nicho ecológico.
C) sustrato.
D) ambiente.
E) ecosistema.

14. Los organismos de ecosistemas marinos que son moradores del sustrato rocoso o arenoso, corresponden a la categoría

A) bentos.
B) necton.
C) plancton.
D) fitoplancton.
E) pelagos.

15. En el lago Titicaca, la totora se desarrolla en la orilla de los lagos, sin embargo, el fitoplancton se desarrolla en una zona de aguas abiertas denominada zona

A) litoral.
B) limnética.
C) profunda.
D) bentónica.
E) afótica.

16. Una región donde existe una alta densidad de plantas de tamaño diverso (árboles, arbustos y hierbas), más o menos estratificados, con presencia de epífitas y lianas, permanentemente verdes, corresponde a

A) un bosque tropical húmedo.
B) una pradera.
C) una sabana.
D) un oasis.
E) una taiga.

17. En las columnas de un muelle recientemente construido a orillas del mar, se observa la colonización de su superficie sumergida por una comunidad con predominio de algas pequeñas, las cuales van siendo reemplazadas por otras comunidades, aumentando progresivamente la diversidad de moluscos y crustáceos. Este proceso es denominado

A) sucesión primaria.
B) comunidad pionera.
C) sucesión secundaria.
D) comunidad clímax.
E) sucesión evolutiva.

CAPÍTULO XXIV

FUNCIONAMIENTO DEL ECOSISTEMA

Objetivos

- Comprender el flujo de energía en el ecosistema a través de una red alimentaria.
- Analizar la representación cuantitativa de los niveles tróficos mediante pirámides usuales de números, biomasa y energía.
- Comprender la continuidad funcional entre los seres vivos y su medio a través de los ciclos biogeoquímicos.

Introducción

En conjunto, una comunidad biológica y su ambiente abiótico forman un ecosistema. Además, abarca todas las interacciones entre los organismos que viven juntos en un sitio particular, y entre dichos organismos y sus ambientes abióticos. Cabe mencionar que la ecología del ecosistema estudia el flujo de energía y el reciclaje de productos químicos entre las partes biótica y abiótica que interactúan en un ecosistema. Los productores de una comunidad viviente incorporan la energía a los ecosistemas y se inicia el establecimiento de relaciones alimenticias en forma de cadenas y redes tróficas, por donde fluye la energía y se reciclan los nutrientes.

Cada uno de los niveles de la estructura trófica puede ser cuantificada constituyendo las pirámides ecológicas, cuya información proporcionada permite determinar la productividad de los ecosistemas de gran importancia para la conservación de los ecosistemas y la explotación racional de los recursos. Así, a medida que los ecólogos iban comprendiendo la relación entre los organismos y su medio, uno de los aspectos de interés fue el de comprender que las relaciones alimentarias conectan a los organismos en una entidad unida y funcional. En 1920, Charles Elton argumentaba que los organismos que vivían en un mismo lugar interactuaban entre sí, principalmente mediante un sistema de relaciones alimentarias denominadas cadenas alimenticias. Posteriormente en 1930, Arthur Tansley consideró a los animales y las plantas, junto con los factores físicos de su entorno, como un sistema ecológico y lo denominó ecosistema, la unidad fundamental de la organización ecológica.

Hacia 1950 se comprende que el reciclamiento de la materia y el flujo asociado de energía a través de un ecosistema brindaban una base para caracterizar su estructura y funcionamiento, y que su estudio comparativo, en términos de energía y de los materiales tanto contenidos como transferidos entre las plantas, los animales, los microbios y el medio, requiere considerar a cada ecosistema como un sistema termodinámico.

Los avances en la comprensión del funcionamiento del ecosistema han llevado a la conclusión de que el reciclado de la materia entre los componentes de un ecosistema solo cobra sentido cuando se comprende que las transformaciones energéticas y químicas van de la mano.

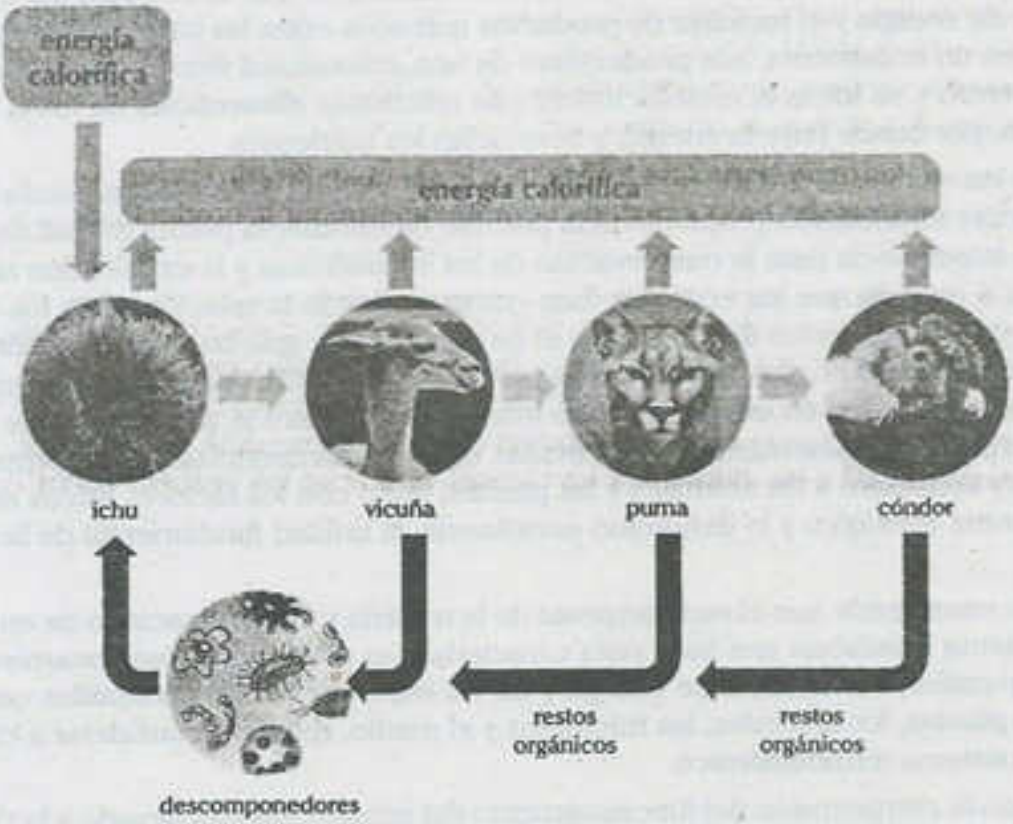
1▸ Consideraciones generales

Un ecosistema está formado por todos los organismos que viven en una comunidad y por todos los factores abióticos con los que estos interactúan. Al igual que ocurre con las poblaciones y las comunidades, los ecosistemas carecen de límites netos.

Independientemente de su tamaño, la alta organización y el funcionamiento de un ecosistema requieren una interrelación entre los componentes vivos y no vivos, en ella se manifiesta un flujo unidirecccional de energía, referida a la energía que ingresa en la mayoría de ecosistemas en forma de luz solar: los autótrofos la convierten en energía química, luego pasa a los heterótrofos en los compuestos orgánicos de los alimentos, y se disipa en forma de calor.

También se manifiesta el reciclamiento de la materia, quiere decir que los elementos químicos como el carbono o el nitrógeno cumplen un ciclo entre los componentes bióticos y abióticos del ecosistema. Los organismos fotosintéticos asimilan estos elementos en manera de compuestos inorgánicos del aire, el suelo y el agua, y los incorporan a moléculas orgánicas, algunas de las cuales son consumidas por los animales. Los elementos vuelven en forma inorgánica al aire, al suelo y al agua por el metabolismo de las plantas y los animales, y por la acción de organismos desintegradores de restos orgánicos como bacterias y hongos.

La materia y la energía son incorporadas a los ecosistemas durante la fotosíntesis y se movilizan a lo largo de las cadenas alimenticias. Sin embargo, dado que la energía a diferencia de la materia no puede ser reciclada, el ecosistema debe recibir energía de modo constante a través de una fuente externa, como es en la mayoría de casos, el sol.



El funcionamiento de un ecosistema requiere el flujo de la energía y el reciclamiento de la materia.

2▸ Flujo de energía en un ecosistema

La energía ingresa al ecosistema como radiación solar de la cual una pequeña porción, menos de 1%, es atrapada y usada por los productores durante la fotosíntesis. La energía, ahora en forma química, es almacenada en los enlaces de moléculas orgánicas como la glucosa, aminoácidos y otros. Cuando la respiración celular descompone estas moléculas, la energía liberada es almacenada en las moléculas de ATP y se encuentra disponible para realizar trabajos, como reparar tejidos, producir calor corporal, moverse o reproducirse. A medida que se van realizando estos, parte de la energía escapa del organismo y se disipa en forma de calor hacia el medio. Una vez que un organismo ha usado dicha energía deja de estar disponible para su reutilización.

Debido a que los ecólogos trabajan en una frontera entre los organismos y su ambiente físico, gran parte de sus análisis sobre la dinámica de los ecosistemas deriva de leyes de la física y química establecidas, entre las que destacan los principios de la termodinámica, los cuales permiten explicar las relaciones tróficas, la transferencia energética y productividad de los ecosistemas.

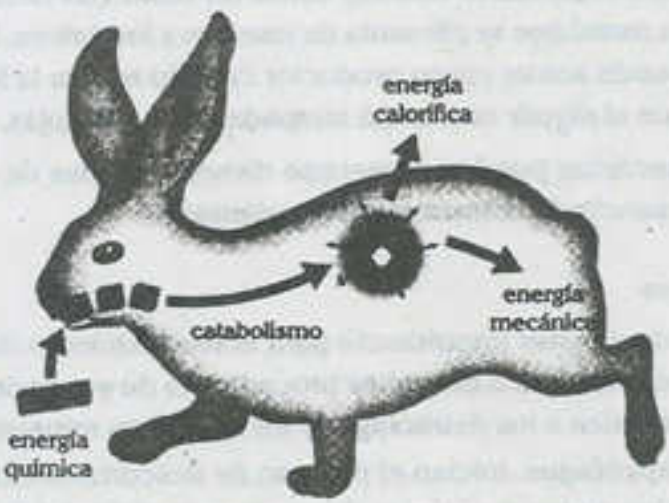
2.1. PRINCIPIOS DE LA TERMODINÁMICA

2.1.1. Primera ley de la termodinámica

Se formula como lo siguiente: "La energía no se crea ni se destruye solo se transforma". Por ejemplo, la energía luminosa asimilada por las plantas se transforma en energía química almacenada en los nutrientes orgánicos mediante fotosíntesis; las cuales, al ser ingeridas por los animales son transformadas en energía mecánica o de movimiento.

2.1.2. Segunda ley de la termodinámica

Formulada como lo siguiente: "Al transformarse una forma de energía en otra, parte de ella se pierde en forma de calor". Se refiere a que las transformaciones energéticas no son del todo eficientes, ya que parte de la energía se pierde en forma de calor, durante todo el proceso de conversión; por lo cual, la dinámica de un ecosistema requiere un aporte constante de energía, debido a que parte de ella se disipa al medio, siendo una forma inútil de energía para ser usada por los organismos vivos.



La energía química del alimento es transformada en energía mecánica, en este proceso, parte de la energía se libera al medio en forma de calor.

2.2. RELACIONES TRÓFICAS

Los ecólogos distribuyen las especies en niveles tróficos, en función del modo de nutrición y fuente de energía. El nivel trófico que sostiene al resto de los niveles está conformado por los productores, los niveles tróficos superiores están comprendidos por los consumidores; mientras los organismos decomponedores permiten el reciclamiento de la materia.

2.2.1. Productores

Comprenden a organismos autótrofos fotosintéticos como plantas y algas que incorporan energía a los ecosistemas mediante la fotosíntesis de nutrientes orgánicos, también están conformados por bacterias quimiosintéticas que habitan en profundas fuentes hidrotermales. Corresponden el primer nivel trófico. Estos organismos al producir alimento para ellos mismos, directa o indirectamente también producen alimento para el resto de formas de vida en el ecosistema.

2.2.2. Consumidores

Comprenden a organismos heterótrofos y pueden ser los siguientes:

- **Primarios.** Conformados por organismos que dependen directamente de la producción fotosintética de productores, es decir, se alimentan de una parte o de la totalidad del cuerpo de plantas y algas, tales como los herbívoros, fitoplanctófagos, etc. Los consumidores primarios incorporan energía al mundo animal y son el segundo nivel trófico del ecosistema.
- **Secundarios.** Comprenden a organismos que se alimentan de consumidores primarios, engloban desde aves insectívoras hasta carnívoros predadores. Corresponden al tercer nivel trófico.
- **Terciarios.** Comprenden a organismos que se alimentan de consumidores secundarios y tenemos desde rapaces que comen aves insectívoras hasta carnívoros superpredadores. Estos corresponden al cuarto nivel trófico.

Ubicar a ciertos animales en un tipo específico de consumidor es difícil; así tenemos a los osos, las ratas y los seres humanos que son considerados omnívoros (literalmente, "que comen de todo") y actúan como consumidores primarios, secundarios y en ocasiones terciarios. Un halcón, por ejemplo, es un consumidor secundario cuando come un ratón (un herbívoro), y un consumidor terciario cuando come un zorzal que se alimenta de insectos y lombrices. La planta carnívora como la Venus atrapamoscas puede actuar como productor cuando realiza la fotosíntesis en sus hojas y como consumidor terciario al digerir una araña atrapada entre sus hojas.

En algunas cadenas alimenticias pueden apreciarse diversos niveles de carnívoros por lo que se podrían considerar la presencia de consumidores cuaternarios.

2.2.3. Descomponedores

Los descomponedores son de gran importancia para el reciclamiento de la materia orgánica, ya que se alimentan de materia muerta o desechos procedentes de productores y consumidores. Los descomponedores comprenden a los detritófagos y los saprófitos mineralizadores.

- **Los detritófagos o saprófagos.** Inician el proceso de descomposición mediante el fraccionamiento mecánico de los restos orgánicos, de modo que al final de este proceso se obtienen partículas pequeñas. Comprenden a animales como los ácaros y protistas, nemátodos, lombrices, escolopendras, y algunos insectos y caracoles.

Pocos vertebrados grandes, como el buitre, pueden encajar en esta categoría. Conforme se alimentan de restos orgánicos, los detritófagos extraen parte de la energía almacenada en estos y excretan el resto en piezas más pequeñas que proporcionan alimento a otros detritófagos o a los saprófitos.

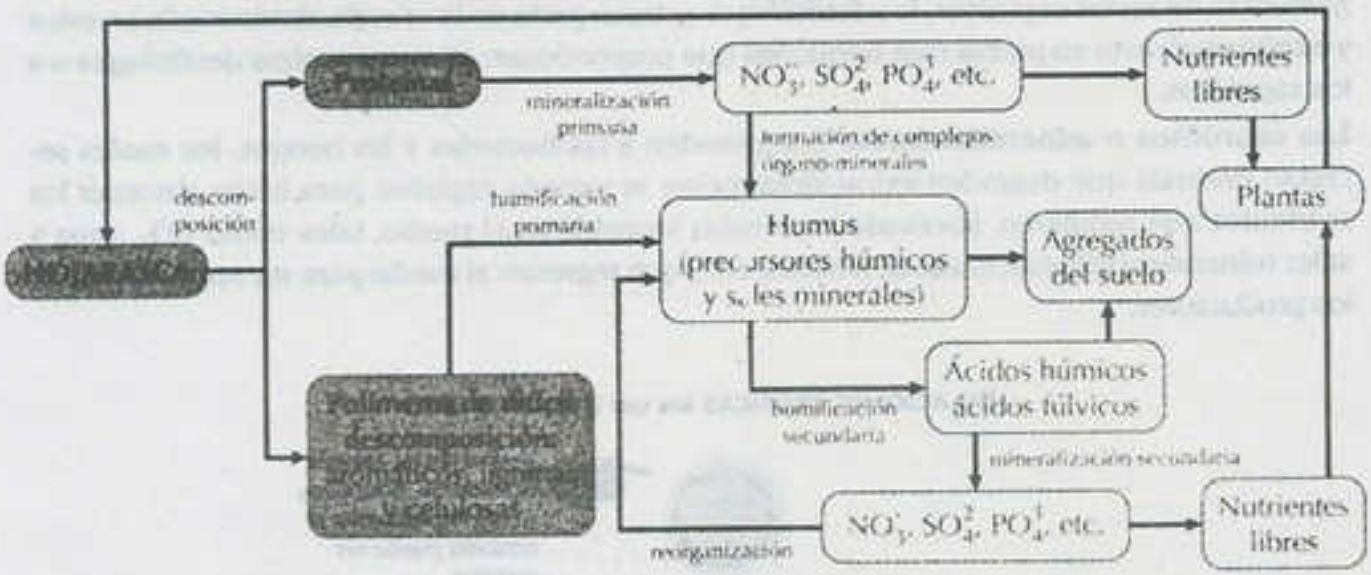
- **Los saprófitos o mineralizadores.** Comprenden a las bacterias y los hongos, los cuales secretan enzimas que degradan extracelularmente la materia orgánica para luego absorber los nutrientes que requieren, liberando moléculas inorgánicas al medio, tales como CO_2, agua y sales minerales (sulfatos, fosfatos, nitratos, etc.) que regresan al medio para ser reutilizados por los productores.

RELACIONES TRÓFICAS EN UN ECOSISTEMA

La mayoría de descomponedores no son visibles al ojo humano, motivo por el cual la descomposición es un proceso ecológico que no se aprecia. Pero si cesara este proceso, terminaría toda la vida sobre la tierra porque se acumularía restos orgánicos o detritus y se agotaría el abastecimiento de ingredientes orgánicos para la formación de nuevas sustancias orgánicas.

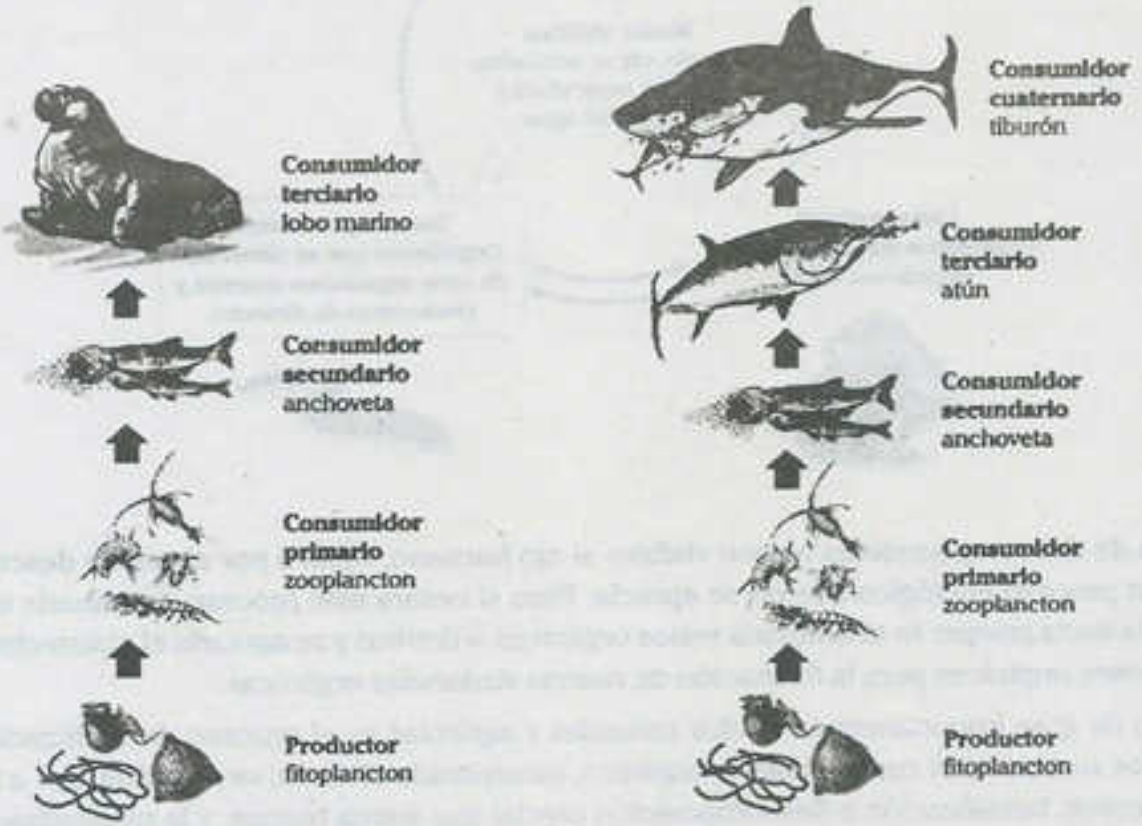
Un proceso de gran importancia en suelos naturales y agrícolas es el proceso de fertilización orgánica de los suelos, en el cual la materia orgánica, incorporada al suelo, se descompone a través de dos procesos: humificación o descomposición parcial que forma humus, y la mineralización o descomposición final que forma elementos inorgánicos esenciales para las plantas.

PROCESO DE HUMIFICACIÓN Y MINERALIZACIÓN



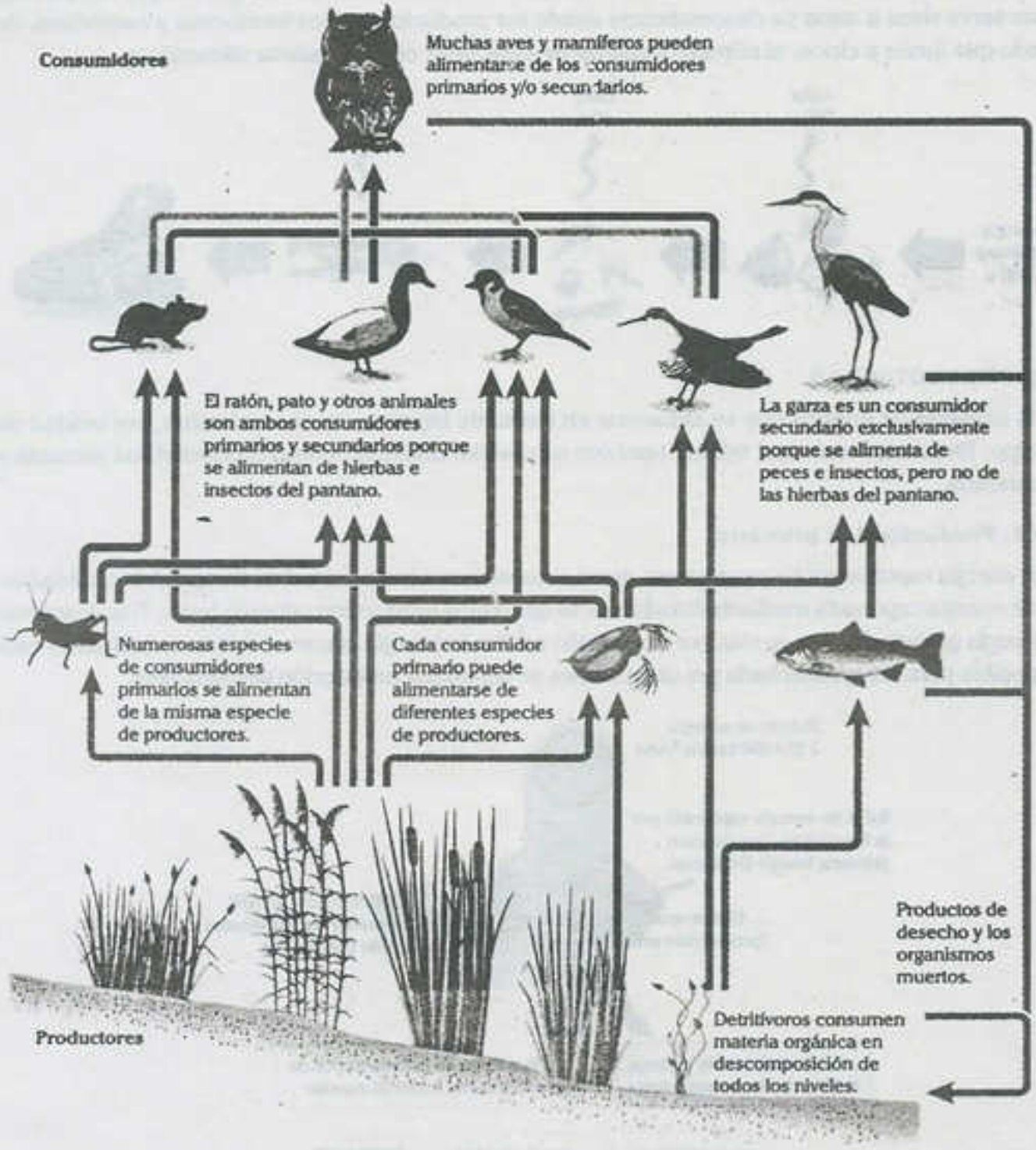
2.3. CADENAS Y REDES TRÓFICAS

La cadena alimenticia es el diagrama de flujo que representa el sentido en que fluye, unidireccionalmente, la energía en el ecosistema. Siempre inicia con un organismo productor que incorpora energía a los ecosistemas, el cual fluye a lo largo de organismos heterótrofos denominados consumidores. El número de eslabones es limitado a 4 o 5 como máximo, debido principalmente a la disminución de la energía transferida de un eslabón a otro.



Cadena alimenticia en el mar frío con 4 y 5 niveles tróficos

Las cadenas alimentarias simples ocurren rara vez en la naturaleza porque pocos organismos consumen solo un tipo, o son devorados por un solo tipo de organismo. Más a menudo existe un intervalo de opciones alimentarias para cada organismo. Así, en un ecosistema de complejidad promedio son posibles cientos de vías alternativas, por lo cual una **red alimentaria**, que es un complejo de cadenas alimentarias interconectadas, es un modelo más real del flujo de energía y materiales a través de los ecosistemas.



Red alimentaria en el ecosistema de un lago

2.4. TRANSFERENCIA ENERGÉTICA EN EL ECOSISTEMA

Los estudios de varios ecosistemas indican que la transferencia neta de energía de un nivel trófico a otro superior tiene una eficiencia aproximada del 10%, aunque distintos ecosistemas varían de forma importante. Es decir, en cada eslabón de una cadena alimenticia, aproximadamente el 90% de la energía es aprovechada para realizar funciones vitales y, finalmente, disipada hacia el medio en forma de calor, solo cerca de un 10% de energía contenida, se transfiere al siguiente eslabón, ello se conoce como la regla de Lindemann. Según esta, la cantidad de energía útil que fluye desde unos seres vivos a otros va descendiendo desde los productores a los herbívoros y carnívoros, de modo que limita a cinco, el número máximo de eslabones en una cadena alimenticia.

2.5. PRODUCTIVIDAD

Es la cantidad de energía que se almacena en forma de biomasa en el ecosistema, por unidad de tiempo. En función del nivel trófico, también se pueden distinguir como productividad primaria y secundaria.

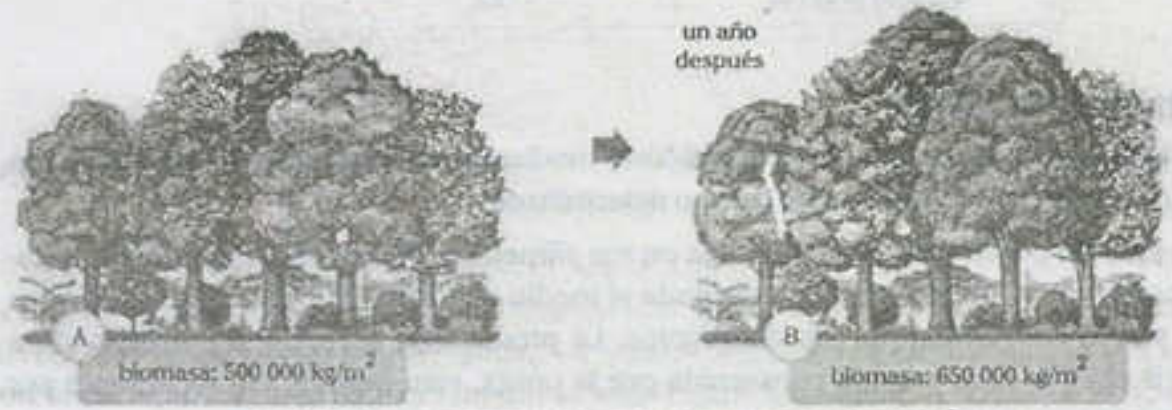
2.5.1. Productividad primaria

Es la energía captada por los productores de un ecosistema en cada unidad de tiempo. A la cantidad total de energía capturada mediante fotosíntesis se denomina producción primaria bruta. Tras descontar la energía gastada durante su vida por respiración celular, la energía que se convierte en biomasa y está disponible para ser aprovechada por otros niveles se denomina producción primaria neta.

productividad neta primaria = productividad primaria bruta − respiración vegetal

La productividad primaria se puede medir en unidades de energía almacenada por unidad de superficie en cada unidad de tiempo (cal/m²/año), o como biomasa añadida por unidad de superficie en cada unidad de tiempo (g/m²/año).

PRODUCTIVIDAD (P)



aumento de biomasa: 650 000 − 500 000 = 150 000 kg/m²

producción = aumento de biomasa/tiempo = 150 000 kg/m²/año

productividad = producción/biomasa × 100

$$\frac{150\,000\ \text{kg/m}^2/\text{año}}{500\,000\ \text{kg/m}^2} \times 100 = 30\%$$

Muchas variables ambientales influyen en la productividad del ecosistema, incluyendo la cantidad de nutrientes disponibles para los productores, la cantidad de luz solar que llega a ellos, la disponibilidad de agua y la temperatura ambiental. Por ejemplo, en el desierto, la falta de agua limita la productividad; mientras en océano abierto, la luz está limitada en aguas profundas y la disponibilidad de los nutrientes minerales es limitada en aguas superficiales. Cuando abundan los recursos como en los estuarios o en los bosques tropicales, la productividad es alta.

A continuación se muestran valores promedio de productividad primaria neta en algunos ecosistemas, expresada en gramos de materia seca por m² durante un año (g/m²/año).

Productividad primaria en ecosistemas terrestres

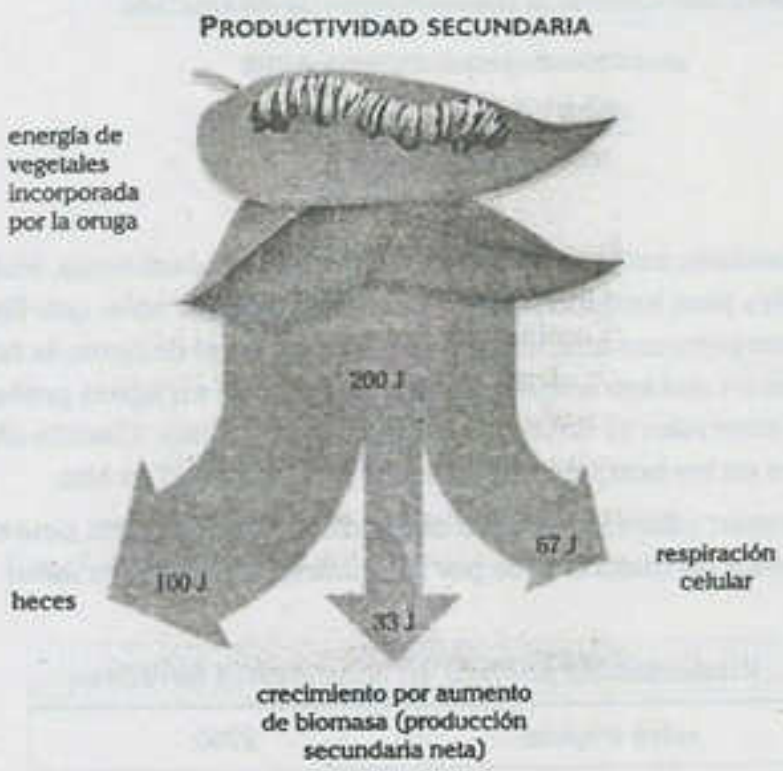
selva tropical	2200
bosque templado	1200
sabana	900
bosque de coníferas	800
pastizal	600
tundra	140
desierto	90

Productividad primaria en ecosistemas acuáticos	
estuarios	1500
plataforma continental	360
océano abierto	125

2.5.2. Productividad secundaria

Es la cantidad de energía captada por los consumidores mediante la alimentación y que pasa a formar parte de su biomasa nueva, durante un tiempo determinado.

De los 200 J de energía consumida por una oruga en sus alimentos, 67 J es liberada por la respiración celular, usada para el trabajo celular y disipada al medio en forma de calor, 100 J se elimina con las heces y será consumida por los detritívoros. La producción secundaria corresponde a los 33 J, es decir el 17% de la energía consumida por la oruga, esto permite el crecimiento por aumento de biomasa.



Las aves y mamíferos poseen una baja productividad secundaria porque utilizan gran parte de la energía para mantener una temperatura corporal constante.

2.6. PIRAMIDES ECOLÓGICAS

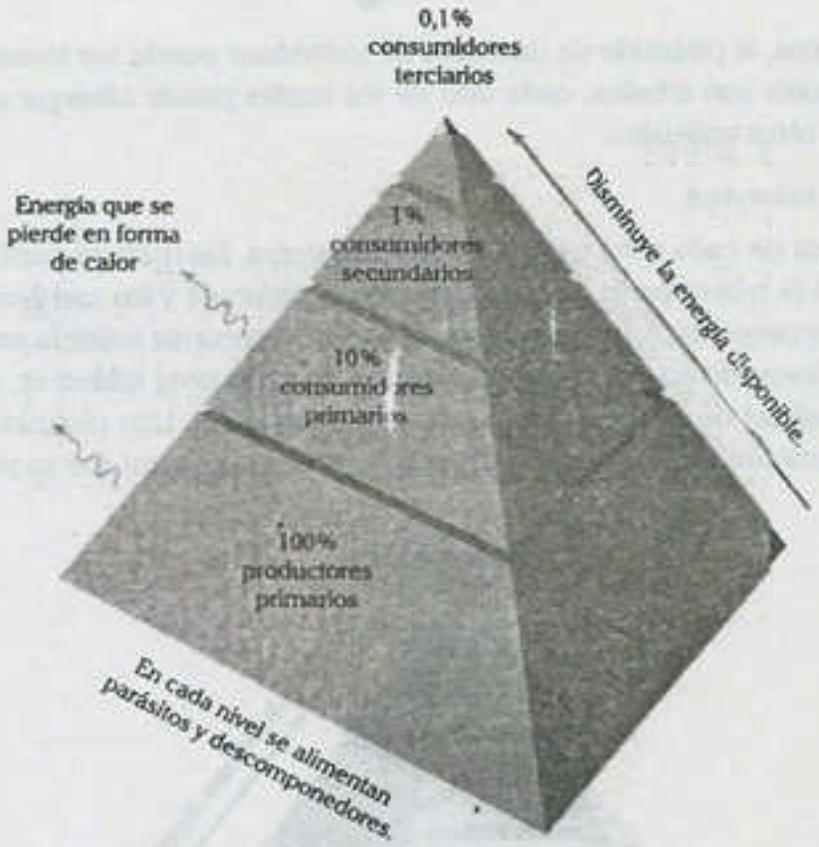
Son representaciones gráficas de parámetros tróficos como el número de individuos, biomasa y la energía. A cada nivel trófico le corresponde una barra horizontal cuyo ancho es proporcional al valor del parámetro, de modo que se ubican en la base a los productores; sobre ellos, los consumidores primarios; luego, los secundarios, y así sucesivamente.

Como existe una reducción progresiva en número de organismos, biomasa y contenido energético en niveles tróficos, sucesivamente, más altos, las gráficas adoptan la forma de pirámide. Existen tres tipos de pirámides ecológicas.

2.6.1. Pirámide de energía

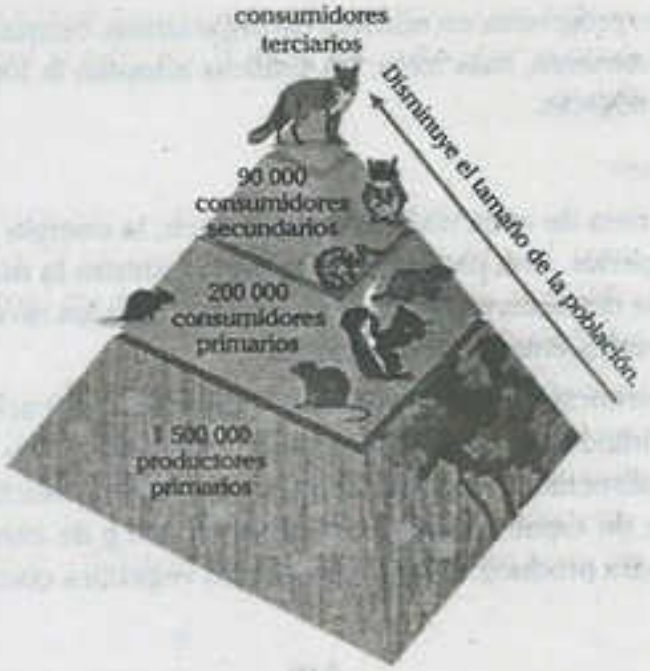
Representa la producción neta de cada nivel trófico; es decir, la energía que ha quedado disponible para el nivel trófico superior. Una pirámide de energía muestra la máxima energía disponible en la base y cantidades que disminuyen de manera constante en los niveles superiores, ilustra las relaciones de energía generales entre niveles tróficos.

La ineficiencia de la transferencia de energía también contiene implicaciones importantes para la producción de alimentos dirigidos a los seres humanos. Cuanto más bajo sea el nivel trófico que se utilice, habrá más energía alimenticia disponible; en consecuencia, muchas más personas podrán alimentarse de granos que de carne, ya que para producir 100 g de carne se requiere consumir más energía efectiva que para producir 100 g de productos vegetales como granos, verduras, etc.



2.6.2. Pirámide de números

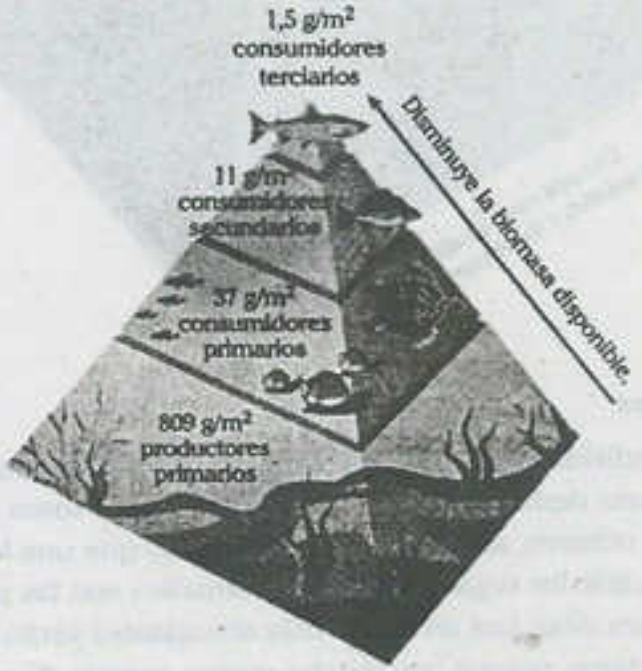
Representa el número de individuos de cada nivel trófico que serán consumidos por el nivel superior; sin embargo, no aporta demasiada información porque no toma en cuenta el tamaño de cada individuo, sino solo su número, así un árbol contaría igual que una hierba. En un ecosistema sin perturbación se observa que los organismos predominantes son las plantas, porque tienen la mayor energía disponible para ellas. Los animales más abundantes serán los herbívoros, y los carnívoros serán relativamente raros, porque hay mucho menos energía disponible para sostenerlos.



En algunos ecosistemas, la pirámide de números de individuos puede ser invertida ya que los productores predominantes son árboles, cada uno de los cuales puede albergar un gran número de pequeños insectos y otros animales.

2.6.3. Pirámide de biomasa

Representa la biomasa de cada nivel trófico en un ecosistema. De manera común, los productores primarios constituyen la mayor parte de la biomasa de la pirámide y los carnívoros superiores conforman una parte muy pequeña. Aportan información muy interesante sobre la estructura del ecosistema y sobre su funcionamiento, dado que la biomasa en cada nivel trófico es, aproximadamente, proporcional a la cantidad de energía almacenada en dicho nivel. Una pirámide de biomasa para una comunidad determinada, usualmente, tiene la misma forma general que su pirámide de energía.



En algunos ecosistemas marinos, la pirámide de biomasa es invertida, ya que una biomasa pequeña de fitoplancton puede soportar una biomasa mayor de zooplancton, debido a que el consumo del fitoplancton es enorme, y solo puede ser compensado con una alta tasa reproductiva, lo que permite sostener la enorme riqueza hidrobiológica.

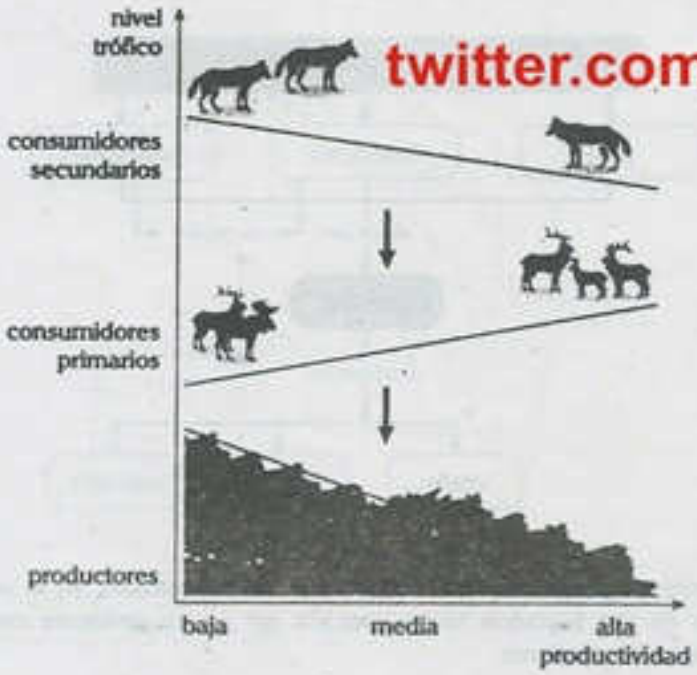
	Biomasa (kg/km^2)
Salmones	540
Anchoas y sardinas	1800
Plancton carnívoro	5400
Plancton herbívoro	18 000
Plancton vegetal (algas microscópicas)	10 000

2.7. CASCADA TRÓFICA

La alteración de la estructura trófica de una comunidad puede contener efectos directos e indirectos sobre todas las poblaciónes que las componen, lo cual es conocido como cascada trófica. Por ejemplo, el aumento de recursos en los productores puede traer como consecuencia el aumento de alimento en niveles superiores, lo que llevaría a un crecimiento de poblaciones de consumidores primarios, secundarios y terciarios.

En esa misma cadena trófica, la eliminación de consumidores secundarios provocará, por escasez de alimento, la reducción de poblaciones de consumidores terciarios y por otro lado, el incremento de consumidores primarios de la cual se alimenta; esto a su vez traerá como consecuencia la reducción de la población de productores.

REPRESENTACIÓN DE UNA CASCADA ECOLÓGICA



twitter.com/calapenshko

2.8. TOXINAS EN LAS CADENAS TRÓFICAS

Ciertas toxinas, incluidos algunos pesticidas, isótopos radiactivos, metales pesados (como mercurio, plomo) y productos químicos industriales como los bifenilos policlorados (PCB), entran y pasan a través de las cadenas alimentarias.

Por ejemplo, el efecto del pesticida DDT sobre algunas especies de aves atrajo la atención al problema. Los halcones, pelícanos, aguilas y muchas otras aves son sensibles a trazas de DDT en sus tejidos. Una investigación determinó que uno de los efectos del DDT sobre estas aves era que sus huevos tenían cascarones extremadamente delgados y frágiles, se rompían durante la incubación, de manera que provocaban la muerte de los polluelos. La prohibición del DDT ha mejorado, de modo gradual, el éxito reproductivo de muchas aves.

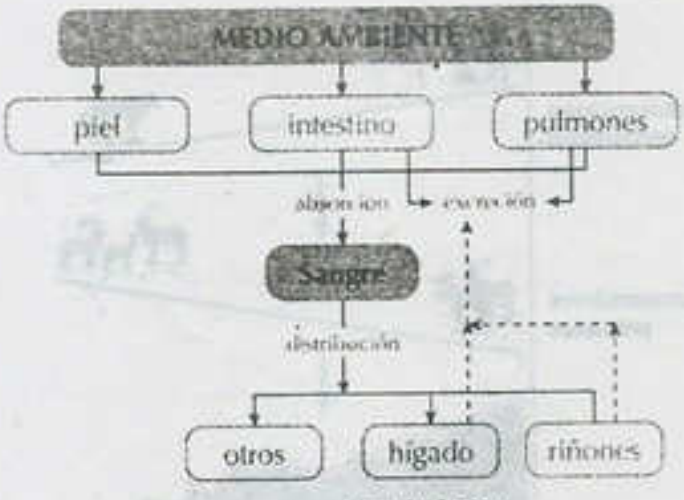
El impacto del DDT sobre las aves es el resultado de tres características del insecticida (y de otras toxinas que ocasionan problemas en las redes alimentarias): persistencia, bioacumulación y magnificación biológica.

2.8.1. Persistencia

Algunas toxinas son extremadamente estables y se pueden necesitar muchos años para descomponerlas a formas menos tóxicas. La resistencia a ser desintegrada, mediante reacciones químicas en el medio o por el metabolismo de los seres vivos, es denominada persistencia. Es importante mencionar que la persistencia de los pesticidas sintéticos y los productos químicos es un resultado de sus nuevas estructuras químicas.

2.8.2. Bioacumulación

Las toxinas con alta persistencia se acumulan en el ambiente porque las formas para degradarlas no han evolucionado en descomponedores naturales como las bacterias. Cuando un organismo no metaboliza (descompone) o excreta una toxina persistente, esta simplemente se almacena, de manera usual en los tejidos grasos. Con el tiempo, el organismo puede acumular altas concentraciones de la toxina, a dicha acumulación de una toxina en el cuerpo de un organismo se conoce como bioacumulación.

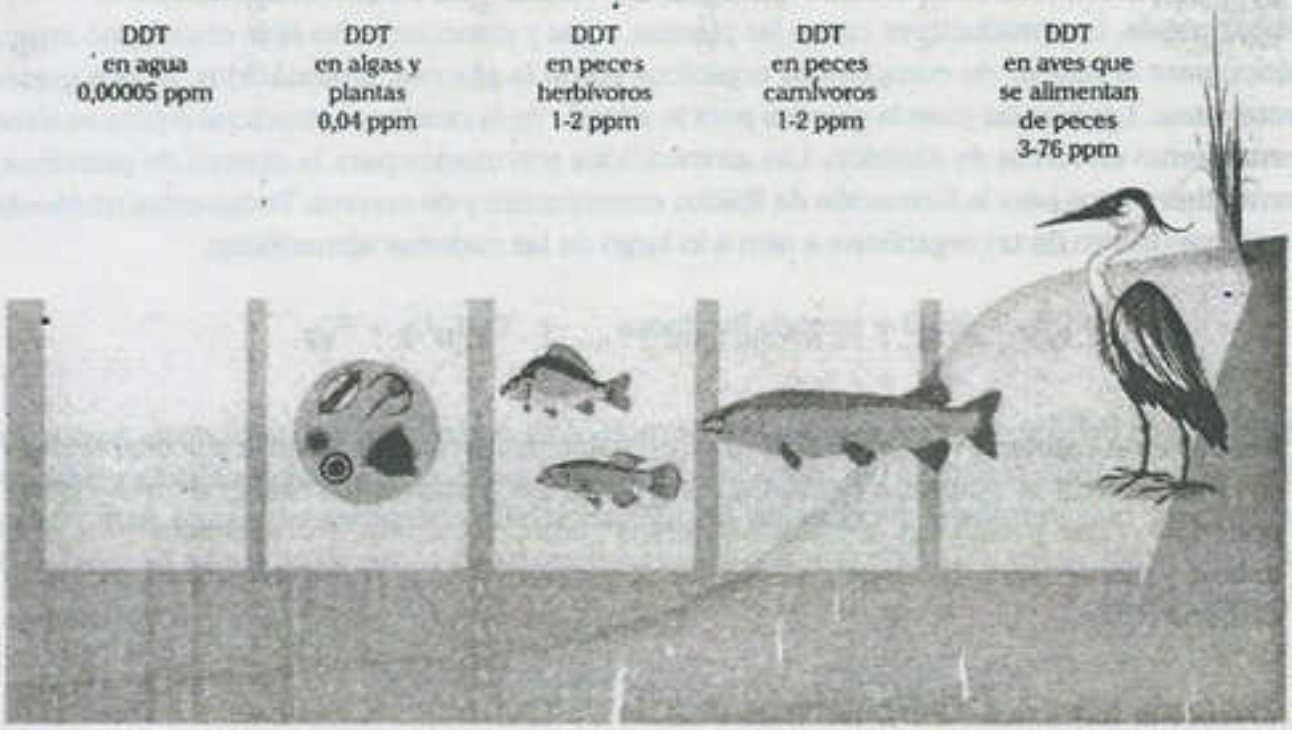


Metabolismo

Dinámica de sustancias tóxicas en el organismo. Las dificultades en el metabolismo o la excreción de una sustancia tóxica captada del medio ambiente conduce a su bioacumulación en el organismo.

2.8.3. Biomagnificación

Los organismos en niveles tróficos superiores, en las redes alimentarias, tienden a almacenar mayores concentraciones de toxinas bioacumuladas en sus cuerpos, que los que se encuentran en los niveles inferiores. El incremento de concentración a medida que la toxina pasa por niveles sucesivos de la red alimentaria se conoce como magnificación biológica o biomagnificación.



Biomagnificación del DDT. La concentración de este insecticida se incrementa en niveles tróficos superiores.

3▸ Reciclamiento de la materia: ciclos biogeoquímicos

A diferencia de la energía que fluye unidireccionalmente y no puede ser reciclada, muchos nutrientes se reciclan dentro del ecosistema. El ciclo se inicia cuando los productores captan nutrientes del medio, luego pasan a los consumidores que se alimentan de productores, y cuando los organismos mueren, su descomposición devuelve los nutrientes al medio y allí los productores los captan de nuevo.

A la combinación de procesos biológicos, geológicos y químicos que permiten pasar cíclica y continuamente sustancias químicas una y otra vez, entre los organismos y su ambiente no vivo, se denominan ciclos biogeoquímicos. Estos ciclos son activados directa o indirectamente por la energía solar. Se dividen en dos tipos y son los siguientes: ciclos gaseosos, cuando la mayor reserva y fuente de elementos se encuentra en forma de gas en la atmósfera. Por ejemplo: el ciclo del carbono, oxígeno, nitrógeno. Y ciclos sedimentarios cuando los elementos son extraídos, directamente, a partir de las rocas por acción de factores ambientales, luego disueltos en agua, son captados por las raíces vegetales, dirigidos al mar y en millones de años vuelven a formar rocas por sedimentación. Por ejemplo, el ciclo del fósforo, del azufre, del calcio, del potasio, entre otros.

3.1. CICLO DEL CARBONO

Las proteínas, ácidos nucleicos, lípidos, carbohidratos y otras moléculas esenciales para la vida contienen carbono. Está presente en la atmósfera como dióxido de carbono (CO_2), que constituye alrededor de 0,03% de la atmósfera. También en el océano y en el agua dulce como dióxido de carbono disuelto o como carbonato (CO_3^{2-}) y bicarbonato (HCO_3^-). El carbono también se halla en rocas como la caliza, en forma de carbonato de calcio ($CaCO_3$). El movimiento mundial del carbono entre el ambiente abiótico, incluyendo la atmósfera y el océano, y los organismos se conoce como ciclo del carbono, básicamente atmosférico y comprende los siguientes procesos:

- **Fotosíntesis.** Los productores como las plantas, algas y cianobacterias fijan el carbono atmosférico para la síntesis de compuestos orgánicos como la glucosa, aminoácidos, ácidos grasos, entre otros. Las plantas usan la glucosa para la síntesis de la celulosa estructural o para su almacenamiento en forma de almidón. Los aminoácidos son usados para la síntesis de proteínas y los ácidos grasos para la formación de lípidos estructurales y de reserva. Todas estas moléculas orgánicas fluyen de un organismo a otro a lo largo de las cadenas alimenticias.

$$6CO_2 + 6H_2O + \text{energía luminosa} \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

- **Respiración celular.** Proceso degradativo de moléculas orgánicas como la glucosa, ácidos grasos y aminoácidos, realizado por todos los organismos productores, consumidores y descomponedores, que permite la producción de ATP, molécula energética necesaria para realizar trabajo y mantenerse vivo. Este proceso libera carbono hacia el medio en forma de dióxido de carbono (CO_2).

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{energía}$$

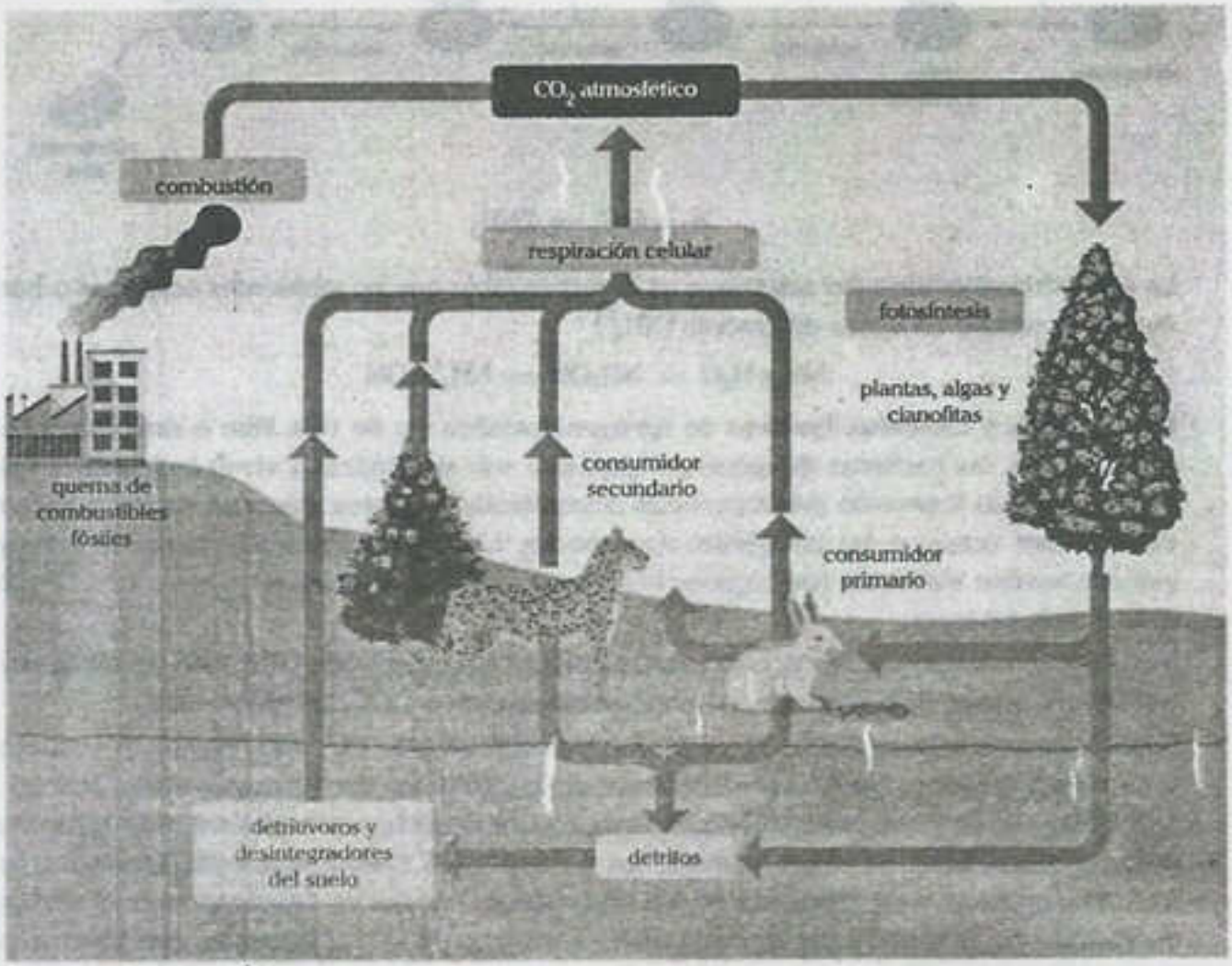
- **Combustión.** Algunas veces el carbono, en las moléculas biológicas, no se recicla de vuelta al ambiente abiótico durante largo tiempo y se almacena en el organismo. El carbono almacenado en la madera de los árboles que fueron sepultados y sometidos a condiciones anaeróbicas han formado depósitos de carbón; mientras los aceites de organismos marinos unicelulares dieron origen a depósitos subterráneos de petróleo y gas natural que se acumularon en el pasado geológico. Por esta razón, el carbón, petróleo y gas natural son denominados combustibles fósiles.

  El proceso de quema o combustión puede hacer regresar a la atmósfera al carbono contenido en el carbón, petróleo, gas natural y madera. En la combustión, las moléculas orgánicas se oxidan con rapidez (se combinan con oxígeno) y se convierten en bióxido de carbono y agua.

$$\underset{\text{propano}}{C_3H_8} + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O + \text{energía}$$

- **Sedimentación.** El CO_2 disuelto en agua reacciona formando carbonatos que conforman roca caliza y conchas de invertebrados marinos. Cuando estos organismos mueren sus conchas se hunden en el fondo del océano y son cubiertas por sedimentos, de modo que forman depósitos de roca caliza en el lecho marino.

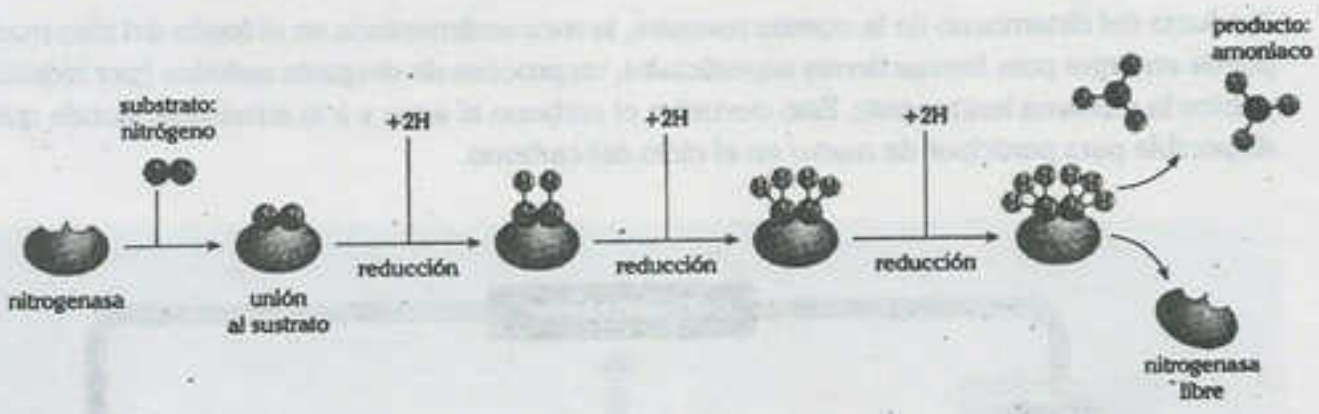
Producto del dinamismo de la corteza terrestre, la roca sedimentaria en el fondo del piso marino puede emerger para formar tierras superficiales, un proceso de desgaste químico (por hidrólisis) y físico la erosiona lentamente. Esto devuelve el carbono al agua y a la atmósfera, donde queda disponible para participar de nuevo en el ciclo del carbono.



3.2. CICLO DEL NITRÓGENO

El nitrógeno molecular (N_2) es el gas más abundante en la atmósfera de la Tierra y está en una proporción aproximada de 78% en el aire y el suelo, se puede encontrar en forma de amonio (NH_4^+), nitritos (NO_2^-) y nitratos (NO_3^-); mientras en los organismos puede conformar moléculas orgánicas como aminoácidos, proteínas, ácidos nucléicos, clorofila, entre otros. El movimiento del nitrógeno entre el ambiente abiótico, incluyendo la atmósfera, el océano y los organismos se conoce como ciclo del nitrógeno, con alta participación de bacterias y comprende los siguientes procesos:

- **Fijación de nitrógeno atmosférico.** Implica la conversión del nitrógeno atmosférico (N_2) en amoniaco (NH_3) a nivel del suelo y agua. Debido a que las células de plantas y animales no tienen los complejos enzimáticos para la fijación de nitrógeno atmosférico, se requiere la participación de bacterias y cianobacterias que emplean una enzima nitrogenasa, que cataliza la reducción del nitrógeno molecular para la formación de amoniaco, una forma de nitrógeno que los organismos pueden asimilar.



$$N_2 + 6H^+ \rightarrow 2NH_3$$

La alta hidrosolubilidad del amoniaco es la responsable que en ambientes acuáticos o húmedos se encuentre en forma de amonio (NH_4^+)

$$NH_3 + H_2O \rightarrow NH_4OH \rightarrow NH_4^+ + OH^-$$

Las bacterias y cianofitas fijadoras de nitrógeno pueden ser de vida libre o simbióticas. A nivel del suelo, las bacterias del género *Rhizobium* son simbióticas y viven asociadas a raíces de leguminosas formando protuberancias denominadas nódulos; mientras entre las bacterias de vida libre destacan las del género *Azotobacter*. Las cianobacterias fijadoras de nitrógeno pueden realizar simbiosis con algunos helechos y cicadas, también se asocian con hongos y constituyen líquenes.

En ambientes acuáticos, las cianobacterias llevan a cabo casi toda la fijación de nitrógeno atmosférico, para lo cual poseen células especializadas denominadas heterocistos.

- **Amonificación.** Liberación de NH_3 y NH_4^+ por desintegración de restos orgánicos (cadáveres u excretas), realizado por bacterias y hongos desintegradores denominados amonificantes. La amonificación empieza cuando el organismo produce desechos que contienen nitrógeno como urea en orina y ácido úrico en los desechos de las aves. A medida que estas sustancias, junto con los compuestos de nitrógeno en los organismos muertos se descomponen, el nitrógeno es liberado hacia el ambiente abiótico como amoniaco (NH_3). Las bacterias que llevan a cabo la amonificación en los ambientes terrestre y acuático se denominan bacterias amonificantes. La mayoría del nitrógeno disponible en el suelo se deriva del nitrógeno orgánico reciclado por amonificación.
- **Nitrificación.** Consiste en la conversión del amonio (NH_4^+) en nitrato (NO_3^-). Este proceso de oxidación es realizado por bacterias denominadas nitrificantes y consta de dos etapas sucesivas.
  - Nitritación: Oxidación de amonio a nitritos, es realizada por bacterias del género *Nitrosomonas* y *Nitrosococcus*, entre otros.

$$\underset{\text{amoniaco}}{NH_3} + O_2 \rightarrow \underset{\text{nitrito}}{NO_2^-} + 3H^+ + 2e^-$$

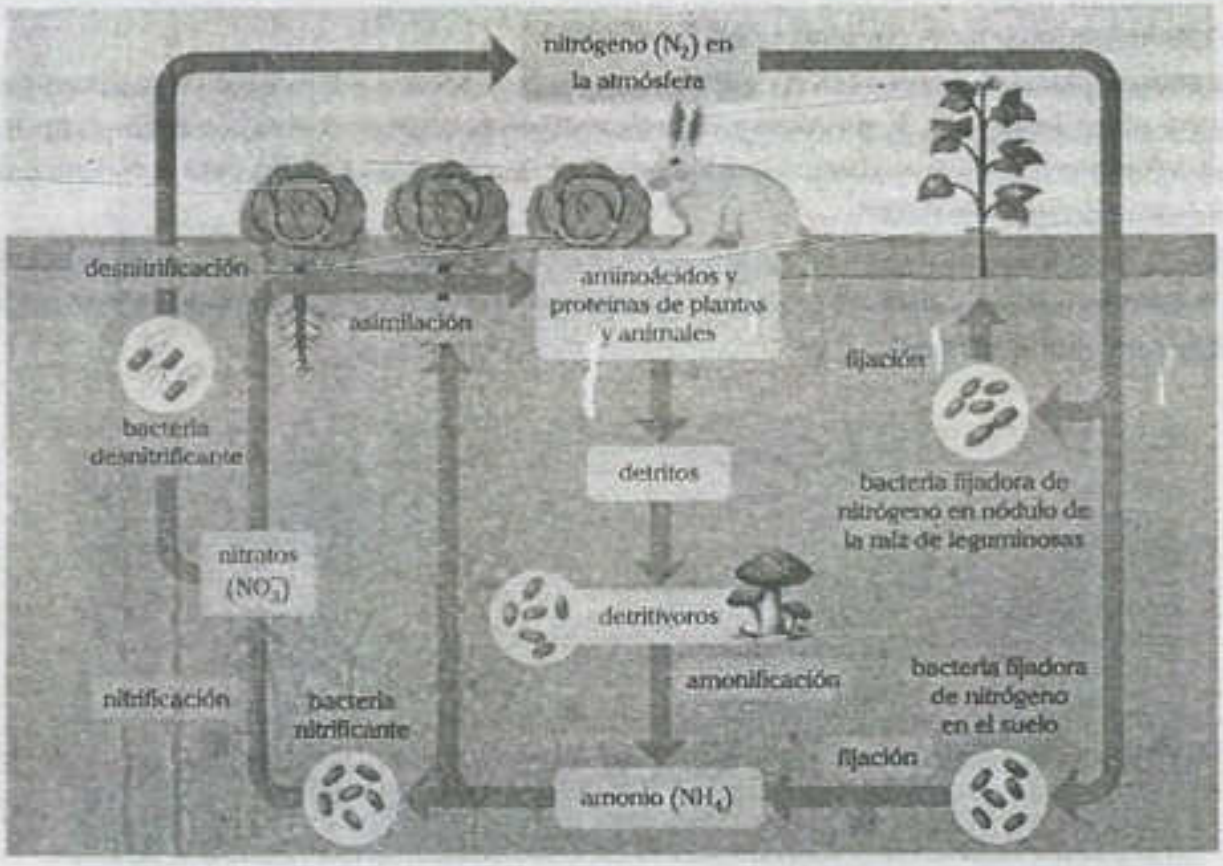
  - Nitratación: Oxidación de nitritos a nitratos, es realizada principalmente por bacterias del género *Nitrobacter*.

$$\underset{\text{nitrito}}{NO_2^-} + H_2O \rightarrow \underset{\text{nitrato}}{NO_3^-} + 2H^+ + 2e^-$$

- **Asimilación.** Si bien las plantas pueden absorber amonio (NH_4^+), la mayor forma de absorción son los NO_3^-, y son incorporados a su organismo para la síntesis de aminoácidos, proteínas, ácidos nucléicos y clorofila, entre otros. Cuando los animales consumen tejidos vegetales, asimilan nitrógeno al tomar compuestos de nitrógeno vegetales y convertirlos en compuestos de nitrógeno animales.
- **Desnitrificación.** Algunas bacterias reducen los nitratos (NO_3^-) a nitrógeno gaseoso (N_2), el cual es liberado hacia la atmósfera. El proceso de reducción de nitratos hasta nitrógeno molecular (gas, N_2) tiene lugar en etapas sucesivas, catalizadas por sistemas enzimáticos diferentes, y aparecen como productos intermedios los nitritos, el óxido nítrico y el óxido nitroso:

$$\underset{\text{nitrato}}{NO_3^-} \rightarrow NO_2^- \rightarrow NO \rightarrow N_2O \rightarrow \underset{\text{nitrógeno}}{N_2}$$

Entre las bacterias desnitrificantes destacan el género *Pseudomonas*, *Thiobacillus*, *Paracoccus*, etc.

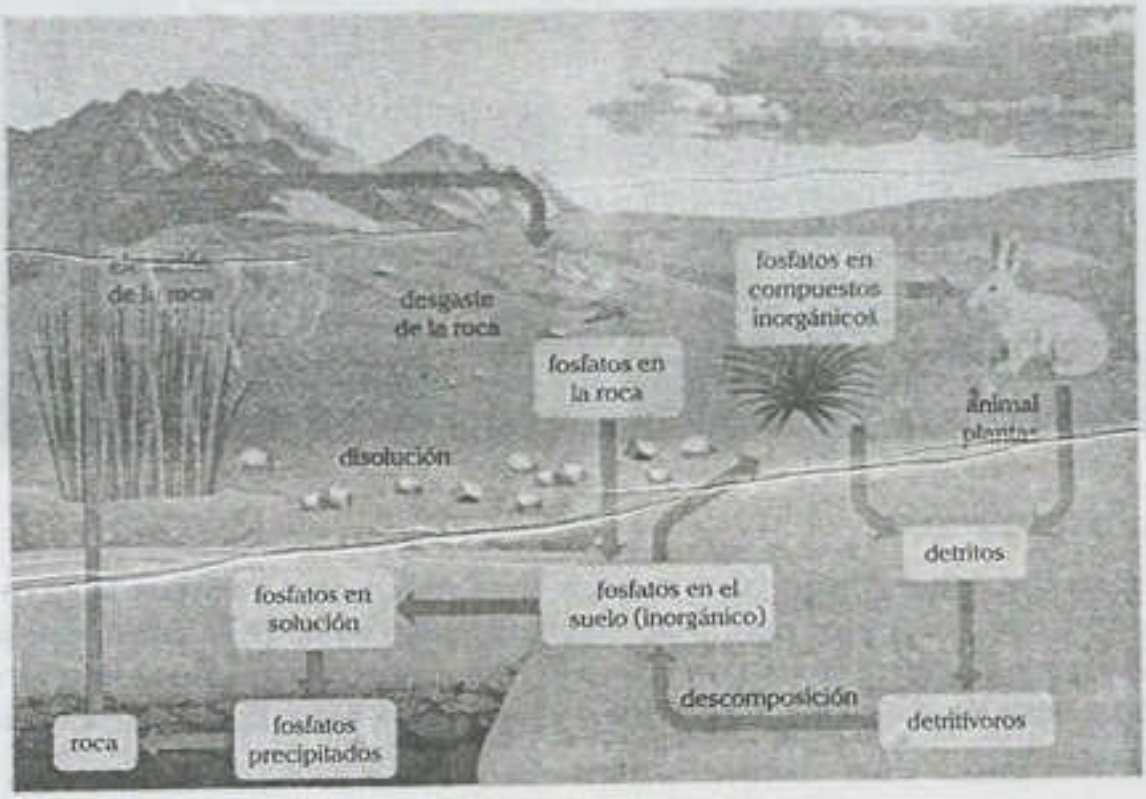


3.3. CICLO DEL FÓSFORO

El fósforo es un elemento fundamental en los organismos vivos, ya que interviene tanto en la síntesis bioquímica como en la transferencia de energía. El fósforo no existe en estado gaseoso, por lo que no entra a la atmósfera. El ciclo del fósforo es de tipo sedimentario, ya que este se recicla desde la tierra hasta los sedimentos en el océano y regresa a la tierra. Este ciclo comprende los siguientes procesos:

- **Erosión hídrica.** Desgaste de rocas fosfóricas y disolución de fosfatos (PO_4^{-3}) en suelo y ambientes acuáticos.
- **Asimilación.** Absorción de fosfatos por los organismos para la síntesis de moléculas como ácidos nucleicos, ATP y los fosfolípidos que constituyen las membranas celulares. Los animales obtienen la mayoría del fósforo que requieren de los alimentos que consumen. Así, al igual que el carbono y el nitrógeno, el fósforo se mueve a través de la red alimentaria a medida que un organismo consume a otro.
- **Liberación al suelo.** El fosfato liberado por los descomponedores se convierte en parte de la reserva de fosfato inorgánico en el suelo que los vegetales reutilizan. Parte de este fosfato es disuelto y transportado a los ambientes acuáticos.
- **Flujo en cadenas alimentarias.** El fosfato disuelto entra a los ecosistemas acuáticos mediante la absorción por algas y plantas acuáticas, las cuales son consumidas por el zooplancton y organismos más grandes. A su vez, una variedad de peces y moluscos consumen el zooplancton. Finalmente, los descomponedores desintegran desechos y organismos muertos para liberar fosfato inorgánico en el agua, que lo coloca a disposición de los productores acuáticos para que lo usen de nuevo. En el mar peruano, la mayor cantidad de fosfato es transportado desde el fondo marino por las corrientes de afloramiento.
- **La sedimentación.** Depositación de fosfatos en el piso oceánico a lo largo de millones de años forma rocas fosfóricas, y el proceso de levantamiento geológico podría exponer algún día a estos sedimentos del piso marino como nuevas tierras superficiales, de donde el fosfato puede ser erosionado una vez más.

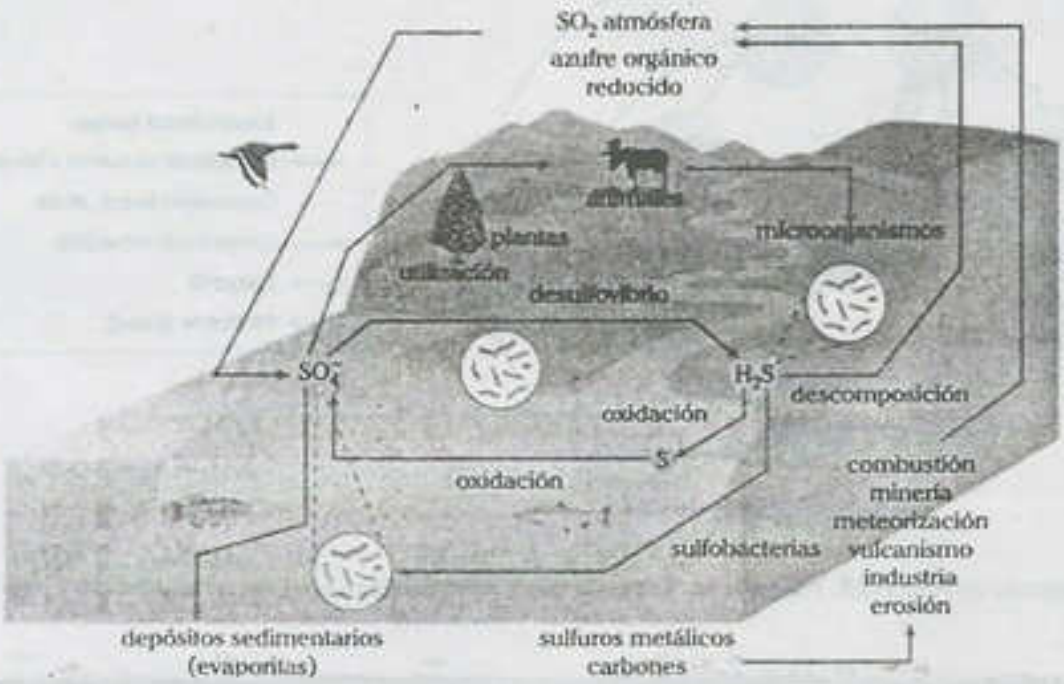
  La explotación de estos depósitos sedimentarios en los yacimientos de Bayovar (Piura), sumados a las deposiciones de aves guaneras (guano de Isla) es un aporte importante de fosfatos para la agricultura en nuestro país.



3.4. CICLO DEL AZUFRE

El azufre es un elemento esencial en los seres vivos por ser un importante componente de algunos de los aminoácidos que forman parte de las proteínas, la coenzima A, la tiamina, el glutatión y otros compuestos básicos en el cuerpo. Gracias al azufre, las proteínas mantienen su forma y cumplen sus tareas de manera óptima. El ciclo del azufre incluye tanto los procesos terrestres como atmosféricos y comprende los siguientes procesos:

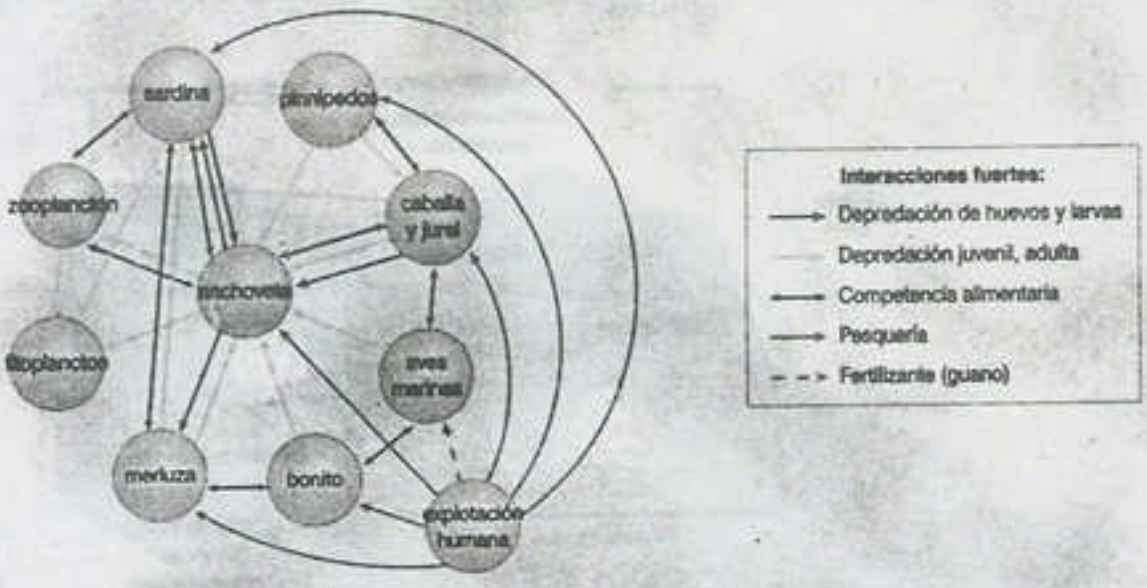
- **Erosión de las rocas.** La meteorización de las rocas y la disolución de sulfatos (SO_4^{-2}) favorece su transporte hacia el suelo y ambientes de agua. Las erupciones volcánicas, los incendios y la quema de combustibles fósiles son otras fuentes de azufre que se elevan hacia la atmósfera en forma de sulfuro de hidrógeno (H_2S).
- **Asimilación.** Las plantas absorben los sulfatos del suelo a través de sus raíces, reducen los sulfatos a sulfuros y los incorporan a su sustancia vegetal. Una vez en la estructura vegetal, el azufre puede pasar a través de los seres vivos a lo largo de las cadenas alimenticias.
- **Mineralización.** La descomposición de organismos muertos, restos orgánicos y excretas realizada por microorganismos, como bacterias y hongos que viven en el suelo y agua, libera azufre principalmente en forma de sulfuro de hidrógeno (H_2S).
- **Reducción.** El sulfato presente en el medio también puede reducirse formando H_2S por la acción de bacterias del género *Desulfovibrio* o reaccionar y formar sulfuros metálicos como el sulfuro de hierro (FeS).
- **Oxidación.** El sulfuro de hidrógeno presente en el medio, producto de la mineralización y reducción, se oxida en el suelo y agua por la acción de sulfobacterias para producir sulfatos, y también presentes en la atmósfera para formar óxidos de azufre (SO_2 y SO_3).
- **Precipitación.** El agua de la lluvia reacciona con los óxidos de azufre (SO_2 y SO_3) presentes en la atmósfera, formando ácido sulfúrico que a su vez forma sulfatos en el suelo y en los ambientes de agua.
- **Sedimentación.** Los sulfatos, producto de la oxidación, transportados hacia los ambientes de agua se sedimentan y forman depósitos de sulfatos y sulfuros que serán el sustrato para el reinicio del ciclo.



Anchoveta: especie clave en el sistema corriente de Humboldt

¿A qué nos referimos cuando hablamos de especies clave? Básicamente son aquellas especies que tienen un efecto positivo en su medio ambiente más allá de su tamaño o la cantidad de su población. Son como la 'piedra clave' en un arco: Sin la 'piedra clave' el arco colapsa. Lo mismo sucede en el ecosistema: si una especie clave desaparece (debido a cambios naturales en el medio ambiente o por acciones del ser humano: contaminación, sobrepesca, ruido o cualquier actividad humana negativa), afectará a las demás especies con las que se relaciona y causará variaciones en la biodiversidad. Por lo tanto, la existencia de las especies clave afecta a otras especies con las que se relaciona; en gran medida esta influencia tiene que ver con la diversidad de las especies y la cantidad de especies por comunidad. ¿Un ejemplo? La anchoveta (*Engraulis ringens*) que es importante en la cadena alimenticia, ya que es alimento de muchas especies marinas y su ausencia tiene un gran impacto en las poblaciones de sus depredadores. Esto se manifiesta fundamentalmente durante el fenómeno de El Niño donde su migración al sur altera la composición de su comunidad y el tamaño de las poblaciones que dependen de la anchoveta.

A través de la pesca y procesamiento, la anchoveta es viable para su consumo humano; asimismo, a través de la dieta balanceada, lo es para animales que se cultivan en granjas. La figura de abajo nos muestra las principales interacciones relacionadas con la anchoveta en la corriente de Humboldt.



Adaptado de AKESTER, Michael. En "Especies clave en el sistema corriente de Humboldt: Chile-Perú".

Preguntas resueltas

Pregunta 1

Respecto al funcionamiento de los ecosistemas, determine la característica del comportamiento de la energía.

A) Se transforma cíclicamente.
B) Presenta un flujo de transferencia bidireccional.
C) Presenta un flujo de transferencia unidireccional.
D) La fuente principal en la naturaleza es la energía térmica terrestre.
E) Cuando pasa de un nivel a otro, no se pierde como calor.

Resolución

De toda la energía solar que llega a la superficie terrestre, solo entre 0,1 % y 1 % se incorpora a los organismos productores o autótrofos. A partir de esta entrada de energía solar comienza un flujo unidireccional de energía a través de todos los organismos de un ecosistema, que fluye desde los organismos autótrofos hasta los heterótrofos, finalmente se disipa en el medio ambiente.

Clave C

Pregunta 2

La energía capturada por los productores en forma de materia orgánica es gastada en el costo de mantenimiento de los organismos en un ecosistema. Si los costos de mantenimiento son menores que el ingreso fotosintético, entonces

A) la energía sobrante es acumulada en forma de calor por los productores y consumidores del ecosistema.
B) los costos de mantenimiento de productores y consumidores aumentan.
C) los costos de mantenimiento de productores y consumidores disminuyen.
D) la energía sobrante puede almacenarse en forma de biomasa en el ecosistema.
E) toda la energía asimilada se pierde como calor.

Resolución

La producción primaria bruta es la energía captada mediante fotosíntesis, por los organismos productores de un ecosistema. Al descontar la energía gastada durante la vida de estos organismos del ecosistema, la energía sobrante constituye la productividad primaria neta, se almacena en forma de biomasa y está disponible para ser aprovechada por los productores.

Clave D

Pregunta 3

Un estudio realizado a poblaciones de vicuñas en pastizales altoandinos ha determinado que de toda la energía almacenada en la materia de la planta que consume el animal, alrededor de 25 %, no es digerida y se pierde en sus heces, 55 % de la energía que la vicuña toma como comida es liberada durante la respiración celular y usada para realizar trabajos como contracción muscular, mantener y reparar el cuerpo del animal. La energía restante, menos de 20 %, está disponible para producir nueva biomasa.

A este 20 % de energía disponible para el siguiente nivel trófico se denomina

A) productividad primaria bruta.
B) productividad primaria neta.
C) tasa de biomagnificación.
D) productividad secundaria.
E) tasa de bioacumulación.

Lumbreras Editores

Resolución

De toda la cantidad de energía captada por los consumidores mediante la alimentación, una porción es metabolizada para formar ATP con la cual se realiza trabajo celular, otra parte se elimina por las heces y será consumida por los detritívoros, y aquella que pasa a formar parte de su biomasa corresponde a la productividad secundaria.

Clave D

Pregunta 4

Indique la alternativa correcta, respecto a un ecosistema muy complejo con cadenas tróficas de muchos eslabones y conexiones entre sí, y un ecosistema más simple con cadenas tróficas sencillas.

A) El ecosistema complejo es más sensible porque al tener muchos eslabones se afectan todas las cadenas tróficas.
B) El ecosistema simple es más sensible, porque pocas conexiones le dan menor capacidad de reponer elementos o funciones.
C) El ecosistema simple es más resistente, porque al tener cadenas tróficas cortas menos eslabones son afectados.
D) El ecosistema complejo es menos resistente, porque entre más conexiones haya es más fácil interrumpir alguna.
E) Ambos ecosistemas son igual de sensibles.

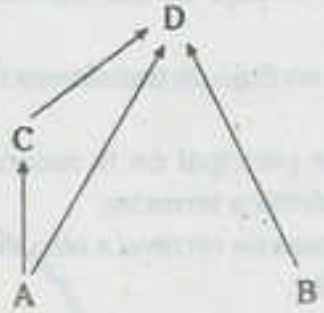
Resolución

Las redes tróficas de un ecosistema están constituidas por muchas cadenas alimentarias interconectadas entre sí. Cuando en el ecosistema es mayor el número de conexiones en la red trófica, estos poseen una mayor estabilidad ya que otros ocuparán el nicho dejado por él.

Clave B

Pregunta 5

El siguiente diagrama representa de forma reducida la red trófica observada en un ecosistema de desierto costero, en donde los organismos están simbolizados con letras y sus relaciones tróficas con flechas. Considerando la dirección del flujo de energía, determine cuáles son los enunciados correctos.



I. A y B obtienen mayor energía que los demás.
II. D obtendría mayor energía si esta proviene de B antes que de C.
III. D puede obtener energía tanto de B como de A.

A) solo I
B) solo II
C) I y II
D) II y III
E) I, II y III

Resolución

Una red trófica es iniciada por los productores que incorporan energía a los ecosistemas, la energía transferida es menor cuando el número de eslabones es mayor, por tanto: A y B son productores y obtienen mayor energía que los demás, D obtiene mayor energía de B que de C debido al menor número de eslabones, y D puede obtener energía de A y de B ya que puede alimentarse de ambos.

Clave E

Lumbreras Editores

Pregunta 6

En los estudios sobre la dinámica de la materia y energía en el ecosistema, es necesario trabajos de investigación cualitativos y cuantitativos para cada uno de sus niveles tróficos. A la representación cuantitativa de cada uno de los niveles tróficos se denomina

A) cadenas tróficas.
B) redes tróficas.
C) sucesión ecológica.
D) pirámides ecológicas.
E) biomagnificación.

Resolución

Algunas veces los ecólogos compa[illegible] veles tróficos, determinando cu[illegible]te el número de organismos, la bi[illegible] energía relativa encontrada en cada n[illegible] información se presenta gráficamente como pirámides ecológicas.

Clave D

Pregunta 7

En algunos ecosistemas marinos, la masa del zooplancton es mayor que la del fitoplancton, el cual es representado mediante una pirámide invertida. La razón de ello se debe a que el

A) zooplancton es el primer nivel trófico.
B) fitoplancton se reproduce a gran velocidad y repone rápidamente su biomasa.
C) fitoplancton corresponde al segundo nivel trófico.
D) zooplancton se reproduce a gran velocidad y repone rápidamente la biomasa.
E) fitoplancton predomina en zona superficial de bioma marino.

Resolución

La pirámide más común es aquella donde la masa de los productores es mayor que los consumidores primarios, secundarios y terciarios. Sin embargo, en muchos ecosistemas marinos hay una inversión entre los consumidores primarios y los productores, si bien el fitoplancton crece y se reproduce rápidamente, los consumidores primarios se alimentan de ellos más rápido.

Clave B

Pregunta 8

¿A qué se refiere si se dice que 1 kg de algas en un tanque de 1 [illegible], usado para alimentar peces de una piscigranja, producen 15 g por kilogramo de algas por día?

A) nivel trófico
B) productividad
C) biomasa
D) biodiversidad
E) capacidad de carga

Resolución

La productividad es la cantidad de energía que se almacena en forma de biomasa por unidad de tiempo. La productividad de los organismos productores en un ecosistema se denomina productividad primaria neta.

Para calcular la productividad primaria neta de algas en el tanque, se considera la cantidad diaria de materia orgánica disponible para los peces, el cual sería 15 g/m^3/día.

Clave B

Lumbreras Editores

Preguntas propuestas

1. El flujo de materia en los ecosistemas es cíclico, el ingreso de materia en su forma más simple ocurre en los

   A) consumidores primarios.
   B) desintegradores.
   C) productores.
   D) mineralizadores.
   E) consumidores terciarios.

2. El pingüino de Humboldt se alimenta tanto de peces como de zooplancton. De manera continua debe desarrollar estrategias para no ser depredado por lobos marinos. De acuerdo a esta información, ¿qué rol cumple el pingüino en la cadena alimenticia y qué tipo de alimentación presenta respectivamente?

   A) consumidor primario y omnívoro
   B) consumidor secundario y omnívoro
   C) consumidor secundario y carnívoro
   D) consumidor terciario y omnívoro
   E) consumidor primario y carnívoro

3. La segunda ley de la termodinámica afirma que en cada transformación de la energía, un porcentaje de esta se pierde en forma de calor. Este principio se manifiesta en que

   A) el crecimiento de la vegetación de una selva llega a cierto punto límite donde no aumenta su biomasa total.
   B) el crecimiento de un animal no puede pasar de cierto tamaño.
   C) las cadenas alimentarias difícilmente pasan de 4 o 5 eslabones.
   D) el tamaño de una población no aumenta indefinidamente.
   E) la cantidad de energía solar que llega al planeta es muy reducida.

4. ¿Qué organismos de un ecosistema representan la base de una pirámide de energía?

   A) productores
   B) carnívoros
   C) herbívoros
   D) carroñeros
   E) omnívoros

5. Para determinar la productividad primaria neta en un ecosistema, a la productividad primaria bruta se le debe descontar

   A) la energía utilizada por los productores en el proceso de respiración.
   B) el calor disipado al ambiente en las transferencias de energía.
   C) la cantidad de materia orgánica fijada por los productores.
   D) la materia orgánica disponible para los consumidores.
   E) la energía asimilada por los productores mediante la fotosíntesis.

6. Cuando se planea la remoción o introducción de nuevas especies en un ecosistema, puede tener efectos directos e indirectos en las otras poblaciones que constituyen el ecosistema, este es un proceso denominado

   A) bioacumulación.
   B) biomagnificación.
   C) cascada trófica.
   D) red trófica.
   E) pirámide trófica.

Lumbreras Editores

7. El nitrógeno es un elemento indispensable para el ser vivo, que se encuentra en alto porcentaje en la atmósfera, pero para ser utilizado es necesario que sea fijado por

A) algunas bacterias y cianofitas.
B) algas multicelulares.
C) hongos ficomicetos.
D) todas las bacterias.
E) líquenes y algas.

8. En el suelo de todos los ecosistemas, el primer paso en el ciclo del nitrógeno es la fijación del nitrógeno atmosférico por organismos procariontes presentes en el suelo, que implica la conversión del nitrógeno gaseoso (N_2) en amoniaco (NH_3). Este proceso es realizado

A) solo por bacterias.
B) solo por cianofitas.
C) por bacterias y cianofitas.
D) por plantas y bacterias.
E) por plantas y bacterias.

9. Las principales bacterias de vida libre que fijan el nitrógeno atmosférico al suelo, poniéndolo a disponibilidad de las raíces vegetales, pertenecen al género

A) *Rhizobium*.
B) Nitrosomonas.
C) *Nitrobacter*.
D) *Azotobacter*.
E) *Chlostridium*.

10. La capacidad de algunos microorganismos para fijar nitrógeno atmosférico se debe principalmente a

A) que son capaces de desintegrar restos orgánicos.
B) que requieren una mayor tasa de síntesis de proteínas que otros organismos.
C) la presencia de abundantes ribosomas.
D) que poseen células con enzima nitrogenasa.
E) la condición aeróbica de las bacterias.

11. Un fertilizante o abono es cualquier tipo de sustancia orgánica o inorgánica que contiene nutrientes en formas asimilables por las plantas, para mantener o incrementar el contenido de estos elementos en el suelo, mejorar la calidad del sustrato a nivel nutricional y estimular el crecimiento vegetativo de las plantas. Las formas de nitrógeno inorgánico presente en fertilizantes y con una alta tasa de asimilación por raíces vegetales corresponde a

A) proteínas.
B) aminoácidos.
C) nitratos.
D) nitrógeno molecular.
E) bases nitrogenadas.

12. Los fertilizantes que aportan nitrógeno al suelo son asimilados por las plantas y transportados a los órganos fotosintéticos para formar moléculas orgánicas como

A) carbohidratos.
B) lípidos.
C) proteínas.
D) triglicéridos.
E) nitrógeno molecular.

13. El ciclo del fósforo es un ciclo biogeoquímico que describe el movimiento de este elemento químico en un ecosistema. Identifique cuál de las siguientes alternativas no corresponde al ciclo del fósforo.

A) erosión de rocas fosfóricas
B) asimilación de fosfato por plantas
C) sedimentación de fosfatos en fondo acuáticos
D) absorción de fosfolípidos por los organismos
E) mineralización microbiana

Lumbreras Editores

14. La propagación sucesiva de la concentración de sustancias tóxicas como el DDT a lo largo de los diferentes eslabones de la cadena trófica es denominada

A) bioacumulación.
B) bioconcentración.
C) biomagnificación.
D) biolixiviación.
E) biorremediación.

15. Una de las actividades humanas que tiene un gran impacto sobre el ciclo del nitrógeno corresponde a la

A) emisión de gases de efecto invernadero.
B) quema de combustibles fósiles.
C) utilización de fertilizantes sintéticos.
D) utilización de plaguicidas sintéticos.
E) pérdida de cobertura vegetal.

16. Si en un ecosistema se redujera drásticamente el número de bacterias nitrificantes, se podría esperar que como consecuencia de ello presentara

A) una reducción en la cantidad de proteínas fabricadas por las plantas.
B) un aumento en el porcentaje de amoniaco procedente de los procesos de excreción de los animales.
C) una reducción en los procesos de absorción de gas carbónico por parte de las plantas.
D) un aumento en los procesos de síntesis de proteínas por parte de los animales.
E) una reducción de nitrógeno atmosférico.

17. Determine la consecuencia del proceso de bioacumulación.

A) La energía almacenada es mayor en niveles tróficos superiores.
B) La biomasa disponible es mayor en niveles tróficos superiores.
C) Las sustancias tóxicas del ambiente conllevarán un mayor riesgo para niveles tróficos superiores.
D) La biomasa disminuye en niveles tróficos superiores.
E) La biomasa de productores es mayor que de consumidores.

Lumbreras Editores

CAPÍTULO XXV

BIODIVERSIDAD

Objetivos

- Comprender aspectos conceptuales respecto a la biodiversidad.
- Identificar las causas y manifestaciones de la biodiversidad de nuestro país.
- Reconocer nuestra biodiversidad y su gran potencial en el desarrollo sostenible en nuestro país.

Introducción

La biodiversidad es de gran importancia para la evolución y para el mantenimiento de los sistemas necesarios para la vida de la biósfera, posee un valor intrínseco, cuya comprensión y aprovechamiento racional contribuye a la ecología, la economía, salud, alimentación, educación, ciencia, cultura, estética y recreación. Además, brinda servicios ambientales que aseguran el abastecimiento y calidad del agua y del aire, la fertilidad de las tierras, entre otros.

La biodiversidad constituye uno de los mayores recursos del país, por ello es fundamental para nuestra economía, ya que el 65% de la agricultura depende de los recursos genéticos nativos; el 95% de la ganadería se basa en los pastos naturales nativos, el 99% de la industria forestal usa los bosques y las especies nativas, y el 99% de la actividad pesquera necesita de los recursos hidrobiológicos nativos. Estas actividades en algunos países viene generando un aprovechamiento desmedido de estos recursos; sin embargo, otros países suelen aprovechar estos ecosistemas forestales y acuáticos sin destruirlos ni alterarlos drásticamente, desarrollando la acuicultura en base a especies nativas, el establecimiento de áreas de manejo forestal, la prospección de principios activos de importancia farmacológica y la agricultura basada en cultivos nativos.

Una alternativa para el aprovechamiento sostenible de la biodiversidad requiere la complementación de los conocimientos y técnicas tradicionales de conservación de la biodiversidad con la tecnología moderna que comprende de forma especial a la biotecnología, ya que permite el mejoramiento genético vegetal y animal, y que bajo un marco político que considere necesario un adecuado equilibrio entre la interacción hombre y naturaleza, se pueda contribuir a satisfacer las necesidades de las actividades productivas y brindar la seguridad alimentaria a nuestra población.

1▸ Definición

Según el convenio de diversidad biológica suscrito en la Cumbre de la Tierra (1992), se entiende por biodiversidad o diversidad biológica a "la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos entre otras cosas, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas".

La biodiversidad abarca, por tanto, la enorme variedad de formas mediante los que se organiza la vida. Incluye cada una de las especies que cohabita con nosotros en el planeta, los espacios o ecosistemas de los que forman parte y los genes que hacen a cada especie y, dentro de ellas, a cada individuo, diferente del resto.

2▸ Niveles de estudio de la biodiversidad

Se distinguen tres niveles en los cuales la biodiversidad se descompone para su estudio: la diversidad de especies, la diversidad de ecosistemas y la diversidad genética. Hoy se comprende que la alteración de uno de estos niveles repercute en los demás.

2.1. Diversidad de especies

Expresa la riqueza o el número de especies diferentes que están presentes en determinado ecosistema, región o país. Esta riqueza ha sido estudiada tan solo en parte, y prueba de ello es que cada vez que hay un inventario en nuevas zonas se descubren nuevas especies.

2.2. Diversidad de ecosistemas

La diversidad de ecosistemas expresa la cantidad y distribución de los sistemas ecológicos que ofrecen los recursos y condiciones para que las poblaciones de distintas especies se desarrollen. Está en relación directa con la diversidad de especies, de hecho la destrucción de ecosistemas es la principal responsable de la acelerada extinción de las especies en los últimos siglos.

2.3. Diversidad genética

La diversidad genética se refiere a la variación hereditaria dentro y entre poblaciones de una especie, esto les permite responder y adaptarse a las características o cambios en su entorno. Estas variaciones pueden transmitir características adaptativas a las siguientes generaciones. De acuerdo a su origen puede ser los siguientes:

- Silvestre: Poblaciones naturales con un alto grado de diversidad genética que constituyen un acervo o reservorio genético.
- Domesticada o cultivada: La diversidad genética es resultado de la selección y obtención de nuevas variedades vegetales, razas de animales o cepas microbianas, en cuyo proceso de evolución han influido los seres humanos para satisfacer sus propias necesidades. Ej.: maíz, papa, tomate, productos de una domesticación precolombina que buscó la diversidad como arma para la lucha contra las plagas y el enriquecimiento de la dieta a partir de unas pocas especies.

3› PERÚ: PAÍS MEGADIVERSO

El Perú está entre los doce países de mayor diversidad de la Tierra, conocidos como megadiversos por su variedad de ecosistemas, especies, recursos genéticos y de culturas aborígenes con conocimientos resaltantes.

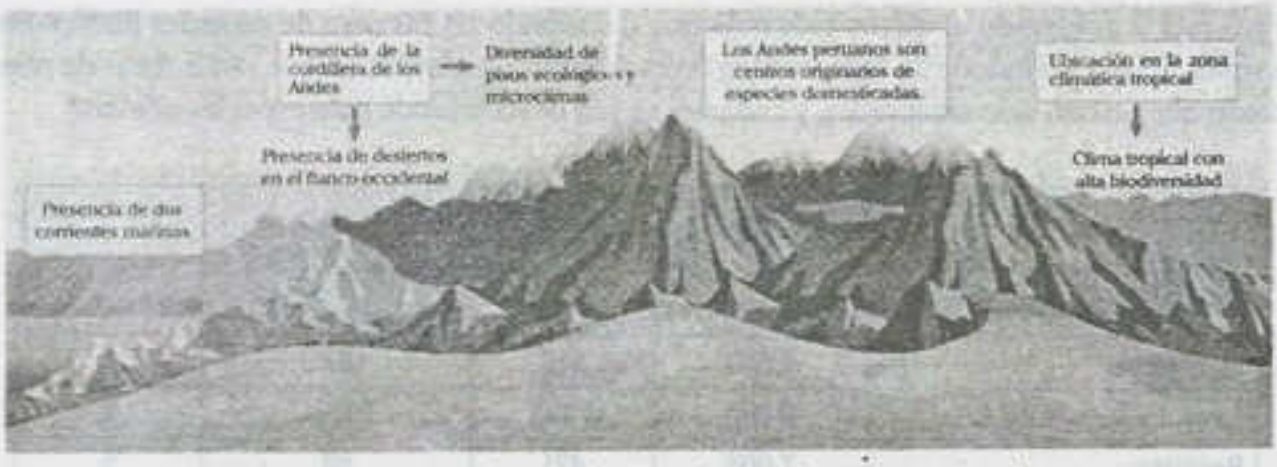
Los doce países megadiversos son Brasil, Colombia, Ecuador, Perú, México, Zaire, Madagascar, Australia, China, India, Indonesia y Malasia.

3.1. CAUSAS DE NUESTRA MEGADIVERSIDAD

3.1.1. Factores naturales

La gran diversidad de las condiciones ambientales y de la disponibilidad de recursos en nuestro territorio genera una gran diversidad de flora y fauna, destacando los siguientes aspectos geográficos:

- Ubicación en la región tropical y subtropical de Sudamérica; por su ubicación le corresponde un clima cálido-lluvioso, el cual es perturbado por la presencia de la cordillera de los Andes y un complejo sistema de corrientes marinas.
- La presencia de cordillera de los Andes genera pisos ecológicos o altitudinales con relieves, climas y microclimas diversos, también separa el oriente lluvioso del occidente seco.
- La convergencia de dos corrientes marinas, la corriente de Humboldt con aguas frías y la corriente del Niño con aguas cálidas, cada uno con sus propias condiciones de temperatura, salinidad y propia riqueza hidrobiológica.



Factores responsables de la alta diversidad biológica en nuestro país

El afloramiento de aguas frías ricas en nutrientes y una amplia plataforma continental permite el aumento de la biomasa y la abundancia de recursos hidrobiológicos, generando un gran potencial pesquero en nuestro país.

3.1.2. Factores culturales

El antiguo poblador peruano en su interacción milenaria, con su ambiente diverso, ha desarrollado procesos de domesticación y mejoramiento genético de especies cuyos parientes silvestres aún persisten.

3.2. DIVERSIDAD DE ECOSISTEMAS EN EL PERÚ

La posición geográfica y las condiciones ambientales le confieren al Perú una gran riqueza de ecosistemas. Las diversas clasificaciones ambientales a nivel mundial y regional confirman que bajo distintos criterios el Perú posee una extraordinaria variedad de ecosistemas.

Categorías	Total Mundial	En el Perú
Zonas de vida (Holdridge)	104	84
Climas	32	28
Provincias biogeográficas (UNALM, 1991)	-	16
Regiones naturales (J. Pulgar Vidal, 1941)	-	8
Ecorregiones (A. Brack, 1976)	-	11
Formaciones vegetales (Hueck, 1972)	-	16

En el 60% del territorio peruano posee 62 millones de hectáreas de bosques tropicales, es decir, el 13% de los bosques tropicales del mundo, ocupando el segundo lugar en America Latina y el cuarto lugar en extensión total de bosques a nivel mundial.

3.3. DIVERSIDAD DE ESPECIES EN EL PERÚ

El Perú está considerado el quinto país más rico del mundo en número de especies junto a Brasil, Colombia, Ecuador e Indonesia. Este ranking no es definitivo, a medida en que varias áreas de nuestro territorio aún no han sido exploradas, y cada vez se van descubriendo más especies nuevas.

GRUPO TAXONÓMICO	NÚMERO DE ESPECIES		NÚMERO DE ESPECIES ENDÉMICAS	RANKING
	Mundo	Perú		
Mamíferos	4 600	515	63	5
Aves	9 000	1 835	110	2
Reptiles	7 000	421	98	5
Anfibios	3 600	538	124	4
Peces continentales.	6800	1011	-	1
Peces marinos	-	1070	-	
Angiospermas	220 000	22 000	5509	5

En cuanto a la flora, el 30% de nuestras especies son endémicas. Nuestro país es primero en número de especies de plantas de propiedades conocidas y utilizadas por la población (4 400 especies); y primero en especies domesticadas nativas (128 especies).

Nuestra diversidad de especies de fauna llega a su máxima expresión en los bosques tropicales amazónicos, solo en el Parque Nacional del Manu se han registrado más de 900 especies de aves, 200 más de los que tiene Canadá y Estados Unidos juntos.

Nuestro país lidera el ranking mundial de mariposas con aproximadamente 3000 especies y de orquídeas con 4000 especies.

3.4. DOMESTICACIÓN Y DIVERSIDAD DE ESPECIES EN EL PERÚ

La domesticación de plantas y animales en una gama enorme de microclimas ha convertido a nuestro país en uno de los centros mundiales más importantes de recursos genéticos.

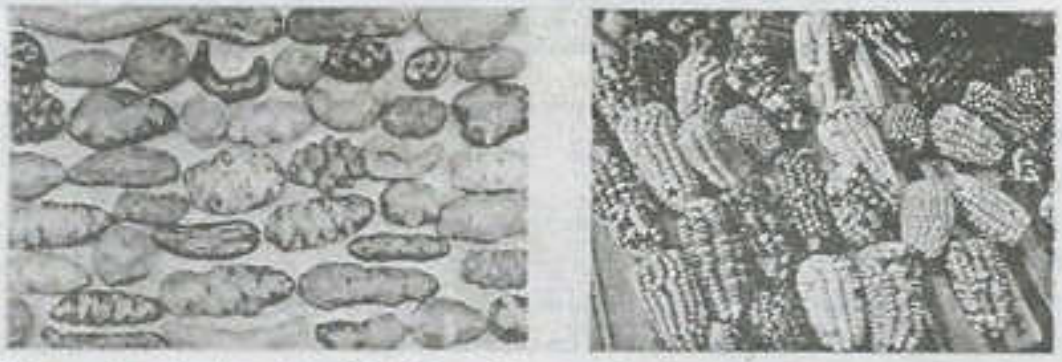
3.4.1. Plantas domesticadas

Nuestro país es uno de los ocho "centros Vavilov", considerado así por ser un centro originario de cultivos nativos, además, demostrado porque las especies cultivadas **cuenta con especies silvestres y parientes cercanos**.

Se calculan 187 plantas domesticadas nativas del Perú, la mayoría de origen andino y amazónico. De los cuatro cultivos más importantes para la alimentación a nivel mundial (trigo, arroz, papa y maíz), el Perú posee una alta diversidad genética de dos de ellos: la papa y el maíz.

De las 230 especeis de papas silvestres, 9 han sido domesticadas en el altiplano peruano-boliviano. Actualmente se cultivan unas 3000 variedades de papa desde la costa hasta la amazonía.

Plantas nativas domesticadas	
Tubérculos	papa, oca, olluco, mashua
Raíces	camote, yuca, maca, yacón, arracacha, achira, pituca
Hortalizas	tomate, zapallo, ají, rocoto, culantro, huacatay, paico, orégano
Granos	quinua, frejol, pallar, pajuro, maní, tarwi, kiwicha, maíz,cañihua
Frutas	chirimoya, guanabana, piña, papaya, guayaba, pacae, palta, lúcuma, granadilla, maracuyá, tuna, cocona, capulí
Fibras y estimulantes	algodón, tabaco, coca, ayahuasca, chamico, quina, cacao

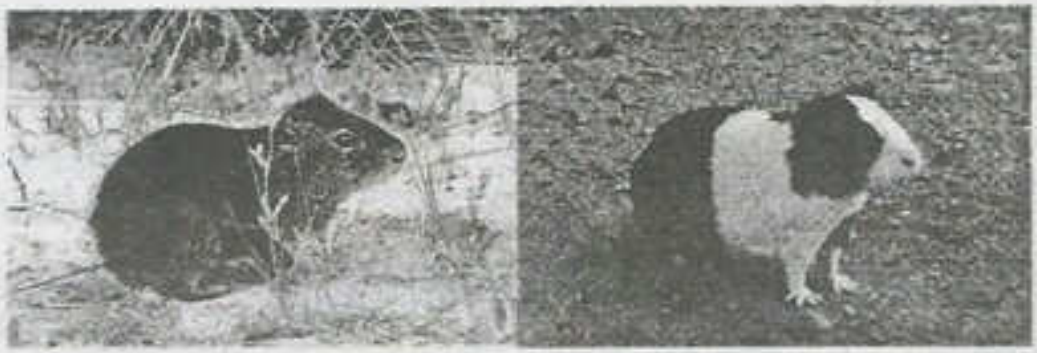


Plantas domesticadas en las altiplanicies andinas: variedades de papa (a la izquierda) y variedades de maíz (a la derecha).

3.4.2. Animales domesticados

El Perú también es un importante centro de domesticación de fauna, al menos cinco especies de animales fueron domesticados por las sociedades prehispánicas andinas y costeñas.

Especies animales domesticadas	
Mamíferos	Alpaca: forma domesticada de la vicuña (*Lama vicugna*) Llama: forma domesticada del guanaco (*Lama guanicoe*) Cuy: forma doméstica del poroncoy (*Cavia tschudii*)
Ave	Pato criollo: forma doméstica del pato amazónico (*Cairina moschata*)
Insecto	Cochinilla (*Dactilopius costae*)



La domesticación del poronccoy (*Cavia tschudii*) dio origen a la especie cuy (*Cavia porcellus*).

La domesticación de la vicuña (*Vicugna vicugna*) dio origen a la alpaca (*Vicugna pacos*).

» Nota

Perros originarios del Perú

Entre las razas originarias de perros en nuestro país, tenemos al "perro sin pelo del Perú" y al "pastor de Chiribaya" cuya existencia data de tiempos preincaicos. El perro sin pelo del Perú (viringo peruano), puede ser encontrado mayormente en la costa del país, ha sido representado en cerámicas por distintas culturas como Mochica, Chancay y Chimú, y ha sido reconocido oficialmente Patrimonio Nacional del Perú. El pastor de Chiribaya es un perro peludo de tamaño mediano y su existencia ha sido descubierta en entierros característicos de la cultura Chiribaya, la cual prosperó en la costa sur del Perú.

4▸ ECORREGIONES DEL PERÚ

Una ecorregión es una unidad geográfica cuya condición climática, edáfica (suelo), hídrica y geomorfológica, determinan una comunidad con especies características de flora y fauna. Antonio Brack Egg propuso la zonificación de nuestro territorio en once ecorregiones.

4.1. MAR FRÍO DE LA CORRIENTE PERUANA

Localizado frente a nuestras costas, desde Tacna hasta el sur de Piura. La corriente de Humboldt con sus frías aguas impide que se produzcan lluvias en la Costa, favoreciendo la formación de neblinas. Sus aguas, extraordinariamente ricas en plancton, albergan una gran biodiversidad, compuesta por algas; grandes mamíferos como los delfines y dos especies de lobo de mar; aves guaneras como pingüinos, pelícanos, guanayes, piqueros; asimismo, cuenta con más de 300 especies de peces, destacando la anchoveta y la sardina para la pesca industrial y el jurel, la cojinova, la cabrilla, la pintadilla, entre otros para el consumo humano.

Paisaje caratterístico del mar frío de la corriente peruana.

El lobo fino de mar está considerado como una especie en vías de extinción.

4.2. MAR TROPICAL

La corriente cálida o Mar Tropical se encuentra frente a la costa norte en Piura y Tumbes. Sus aguas, más cálidas que las del resto del país, favorecen las lluvias que cada año caen sobre la costa norte generando lugares con vegetación abundante.

Entre los habitantes más comunes de esta ecorregión están las tijeretas o aves fragata, el piquero de patas azules o camanay, y varias especies de tortugas marinas. Los peces son muy abundantes y muy variados: desde los tiburones y atunes, hasta los congrios, meros y merlines. Los moluscos y crustáceos comprenden decenas de variedades de conchas, almejas y cangrejos, además de langostinos. Los manglares están adaptados a la mezcla del agua dulce y salada en la desembocadura de los ríos Tumbes y Zarumilla. Crecen en la misma orilla marina formando una apretada selva que proporciona alimento y refugio a especies como el osito manglero y el cocodrilo de Tumbes.

Los mangles crecen en las orillas marinas.

El ave fragata es una de las especies de aves representativas de este ecosistema.

4.3. DESIERTO DEL PACÍFICO

El Desierto del Pacífico es la formación natural de mayor extensión a lo largo de la costa peruana desde Piura hasta Tacna. Su relieve es plano, con extensas pampas, dunas y colinas. La vida animal y vegetal en esta región es escasa. La monotonía de las pampas de arena y roca es interrumpida de tramo en tramo por los fértiles valles costeros con ríos que cruzan el desierto en su camino hacia el océano. Aquí encontramos bosques ribereños con carrizo, caña brava, sauce, mientras los ríos de la costa son hábitats temporales de camarones y algunas especies de peces.

En lugares donde las neblinas invernales chocan con las colinas de las estribaciones andinas, se generan formaciones vegetales denominados lomas, con una vegetación tupida de amancae, ortiga, mito, que sirve de refugio a una variada fauna constituida por el zorro costero, lagartija, jergón, venados y decenas de especies de aves como el turtupillín, la lechuza del arenal, entre otros.
Algunas depresiones forman lagunas costeras alimentadas por aguas subterráneas, cuya flora está conformada por totora, junco, grama salada, y su fauna comprenden aves residentes y migratorias.

En las estribaciones andinas del desierto costero se encuentran poblaciones aisladas de cactáceas.

La lechuza del arenal es una especie representativa del desierto costero.

4.4. BOSQUE SECO ECUATORIAL

Formación natural típica de la costa norte, se extienden por las regiones de Tumbes, Piura y Lambayeque con predominio de algarrobales y ceibales.
Su clima es cálido y seco, con lluvias durante el verano que permiten el desarrollo de una vegetación abundante y singular. Su relieve es generalmente plano, con extensas llanuras y colinas bajas en la zona costera y pequeñas cadenas de montañas hacia el interior, como los cerros de Amotape. Esta es el hábitat de los ceibos barrigones, que acumulan agua en sus gruesos troncos y de árboles de madera dura y fina, como el hualtaco y el guayacán; también es hábitat del venado gris, el zorro costeño, la pava aliblanca y el oso de anteojos.

Cerros de Amotape, muestra representativa del Bosque Seco del Noroeste.

Pava aliblanca, especie considerada extinta y redescubierta muchos años después.

4.5. BOSQUE TROPICAL DEL PACÍFICO

Está ubicado en el departamento de Tumbes. El clima en esta zona es muy húmedo, con una temporada de lluvias bien marcadas entre diciembre y marzo; es por ello la vegetación es abundante y siempre verde. Muchas de las criaturas que habitan este bosque tienen su origen en otras regiones naturales, como el tigrillo, perezoso y el venado colorado, provenientes de las selvas amazónicas; o el zorro costeño y el venado gris, también presentes en el bosque seco tropical. Otras, son propias de este peculiar ambiente y no se encuentran en ningún otro lugar del país, tales como el mono coto o aullador de Tumbes, la nutria del noroeste, entre otros. Contribuyen a realzar la belleza del paisaje, las abundantes orquídeas y los grandes árboles barbudos decorados por largas tiras de una planta denominada salvajina.

Bosque Tropical del Pacífico en la región Tumbes.

El mono coto aullador es una especie representativa de esta región.

4.6. SERRANÍA ESTEPARIA

Abarca las vertientes intermedias de la cordillera de los Andes, desde la región La libertad hasta la frontera sur. Posee un abrupto relieve modelado por ríos torrentosos, fértiles valles interandinos, y un clima con dos estaciones definidas: invierno seco y verano lluvioso.

Su biodiversidad comprende especies de cactus, arbustos de flores muy coloridas como la retama y especies de árboles como el quishuar, queñoa, molle, tara, mito, etc. También es el hábitat del sigiloso puma y el huidizo venado gris; del solitario guanaco; de la vizcacha, y el zorro andino. Asimismo abundan especies de aves como, picaflores, gavilanes, halcones, gorrión y zorzal.

Matorrales y cactáceas dispersas en la serrania de nuestro país.

El zorro andino es una especie representativa de la fauna de la Serranía Esteparia.

4.7. PUNA

La puna comprende las alturas andinas por encima de los 3800 m s.n.m. Posee un clima frío y seco, caracterizado por grandes variaciones de temperatura a lo largo del día: frío intenso durante las noches y calor durante el día. Su relieve presenta grandes planicies o pampas altoandinas; coronadas por escarpadas cordilleras con glaciares y nevados, donde abundan las lagunas altoandinas y se forman gran parte de los ríos que recorren nuestro país.

Las inclemencias del clima y la escasez de oxígeno han limitado el desarrollo de la vida, y solo algunas especies han logrado sobrevivir: los bosques de kolle y queñual, los bofedales y tolares, los enormes pastizales de ichu y los rodales de puya Raymondi. Este es el hábitat del cóndor andino y parihuanas, de las vicuñas y el puma andino, de vizcachas y tarucas.

Vicuña en una pampa altoandina.

El puma es el principal depredador en la puna.

4.8. PÁRAMO

El páramo es una puna húmeda, tierra de clima frío y muy lluvioso, generalmente cubierto por un manto de neblina. Se le encuentra en Cajamarca y la sierra de Piura. Ubicados a más de 3000 m de altura, donde el aire suele ser helado, y crecen amplios pajonales que se alternan con bosques enanos. Sus troncos, retorcidos y siempre cubiertos de un grueso abrigo de musgo, son el hogar de criaturas como el pudú, un venado de 30 cm de altura.

Son habitantes de este lugar el tapir lanudo o pinchaque, especies de murciélago, el oso de anteojos, el venado del páramo o pudú.

Paisaje del Páramo en los altos Andes piuranos.

El tapir andino o pinchaque es la especie representativa de la fauna del Páramo.

4.9. SELVA ALTA

Los territorios de la Selva Alta, yungas o Rupa-Rupa se extienden a lo largo del flanco oriental de la cordillera de los Andes, justo sobre la llanura amazónica. Su clima es cálido y muy húmedo. Aquí llueve más que en ningún otro lugar del país, formando numerosos torrentes y cascadas de agua cristalina.

Su relieve es montañoso, con valles angostos y profundas quebradas, siempre cubiertos por una selva frondosa. En sus partes más altas, se ubican los bosques de neblina; y en las zonas más bajas, las colinas, que forman la ceja de montaña. La vegetación es exuberante, con muchas epifitas como bromelias,orquídeas y helechos del tamaño de árboles. También es el habitat del gallito de las rocas, el oso de anteojos y el mono choro de cola amarilla; más de 20 variedades de picaflores y varias docenas de especies de aves fruteras. La fauna de esta región es de origen amazónico y es altamente endémica debido a la compleja geografía de esta ecoregión.

Relieve montañoso con vegetación arbórea en la Selva Alta.

El gallito de las rocas (tunquí) es una de las especies representativas de esta ecorregión.

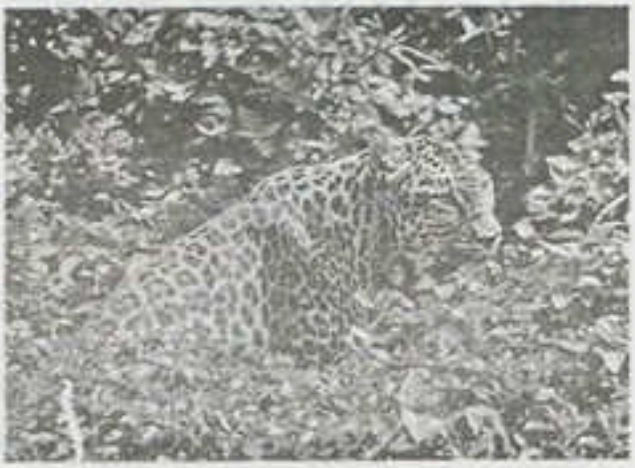
4.10. SELVA BAJA

La Selva Baja o bosque lluvioso tropical es el hábitat más diverso del planeta. Posee un clima caluroso y muy húmedo, con lluvias entre diciembre y marzo, y frecuentes chaparrones durante todo el año. Se caracteriza por tener un relieve poco variado, además de un sistema hidrográfico inmenso y complejo. Aquí abundan los grandes ríos, Amazonas, Ucayali y Madre de Dios, que son fuente de alimento y de comunicación entre los pueblos, estos determinan gigantescas llanuras aluviales y zonas onduladas no inundables, así como las cochas o lagos y los pantanos o aguajales.

La flora de esta región está compuesta por más de 20 000 especies de plantas: árboles de madera fina como el cedro, la caoba, el tornillo, la lupuna e ishpingo; frutos útiles al hombre y plantas medicinales; además de una gran diversidad de arbustos, helechos, bromelias, lianas, líquenes y musgos. La fauna, por su parte, es extraordinariamente rica y variada, y es de origen amazónica. Destacan monos, como el maquisapa y el coto; los felinos como el tigrillo y el jaguar; la sachavaca y el roedor más grande del mundo: el ronsoco. Sus aguas están pobladas de grandes peces como el paiche y el zúngaro, dos tipos de bufeos de río y varias tortugas acuáticas como las taricayas.

Existen cerca de mil variedades diferentes de aves coloridas, desde la imponente águila arpía hasta los minúsculos colibríes; grandes reptiles como el caimán negro y la anaconda, además un número todavía insospechado de ranas, arañas e insectos.

Bosque tropical amazónico en la Selva Baja.



El jaguar es una especie depredadora en los bosques de la Selva Baja.

4.11. SABANA DE PALMERAS

Llamada también Sabana húmeda tropical, es una ecorregión muy pequeña ubicada en el extremo oriental del departamento de Madre de Dios. Comprende una enorme llanura de pastos altos y palmeras en medio de los bosques de la selva tropical, además se les conoce con el nombre de las pampas de Heath, debido al río que las recorre y sirve de límite entre Perú y Bolivia. Forma parte de un ecosistema mayor que abarca la zona este de Bolivia, oeste de Paraguay y norte de Argentina, donde también se le conoce como "chaco" o "pampa".

El clima en este lugar es muy cálido y húmedo, con lluvias intensas en verano que llegan a inundar grandes extensiones de sabanas durante la creciente de los ríos, quedando solo la copa de las palmeras como refugio para las criaturas más pequeñas.

La fauna de la Sabana de Palmeras es de origen chaqueño y muchas de las especies de animales y plantas que viven en esta región son endémicas. El ciervo de los pantanos y el lobo de crin son dos de sus habitantes más especiales, los acompañan la sachavaca, el jaguar, el oso hormiguero gigante o banderón y coloridos guacamayos.

Muestra representativa de la ecorregión Sabana de Palmeras en las pampas de Heath.

El ciervo de los pantanos es una especie representativa de esta ecorregión.

Gallito de las rocas: ave nacional del Perú

Según la resolución suprema 983 del Ministerio de Relaciones Exteriores, promulgada en el gobierno del presidente Manuel Prado el 11 de diciembre de 1941, el gallito de las rocas se convirtió en el ave nacional del Perú. Debido a su incomparable plumaje y por muchas manifestaciones individuales y colectivas es admirada en el mundo como una de las más hermosas y delicadas aves.

El gallito de las rocas o tunqui es una especie de ave paseriforme que habita en la región amazónica del Perú. Es de tamaño mediano de unos 35 centímetros. El macho es de un hermoso color rojo anaranjado intenso, ojos anaranjados, patas y pico amarillos, con alas y colas negras; en cambio, la hembra es de color marrón rojizo oscuro.

Estas aves viven en grupos de 10 a 20 individuos, además, ponen sus huevos en las hendiduras de los riscos. Es muy raro encontrar un gallito solitario, debido a que siempre viven en pequeñas comunidades, y suelen permanecer ocultas la mayor parte del día ya que solo salen del bosque en determinadas horas.

Su alimentación consiste en una gran cantidad de frutos silvestres, sobre todo los que crecen en grandes cantidades en los bosques de montaña de las vertientes orientales andinas. Estas aves son consideradas frugívoras (se alimentan de frutos) por lo que son grandes diseminadores de semillas en la Selva, y esto hace que contribuya a la preservación de los bosques. De esta manera ayudan a la regeneración natural de su entorno.

El cortejo sexual de estas aves tiene un especial significado. Los machos se reúnen en sitios denominados cantaderos para ejecutar una especie de concurso de baile y canto. Apostados en absolutos órdenes, se ofrecen a las hembras realizando su mejor actuación, en la que la cresta cumple un papel principal porque es la que más las atrae.

Adapatado de <peru.info/es-pe/turismo/noticias/3/18/gallito-de-las-rocas--el-ave-nacional-del-peru>.

Preguntas resueltas

Pregunta 1

Según el convenio de diversidad biológica suscrito en la cumbre de la Tierra (1992), la biodiversidad comprende la diversidad

A) climática, taxonómica y ecológica.
B) biotópica, biocenosis y ecosistemas.
C) biótica, climática y ecosistemas.
D) genética, climática y ecológica.
E) genética, taxonómica y ecológica.

Resolución

La diversidad biológica es "la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otras cosas, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos, y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie (genética), entre las especies (taxonómica) y de los ecosistemas (ecológica)".

Clave E

Pregunta 2

Los Andes centrales que comprenden a nuestro país es considerado "centro Vavilov" debido a

A) que poseen una alta diversidad de especies.
B) que poseen una diversidad de ecosistemas.
C) que poseen una alta biodiversidad.
D) su centro originario de cultivos.
E) su alta erosión genética.

Resolución

Se denomina "centros Vavilov" a los ocho núcleos geográficos perfectamente identificados, como lugares de origen de la biodiversidad agrícola, comprenden a China, sudeste asiático, India, Asia central, Centroamérica, Mediterráneo, Etiopía y los Andes centrales.

El Perú, ubicado en los Andes centrales, es el primer país en riqueza de variedades de papas, ajíes, maíz, granos andinos, tubérculos y raíces andinas.

Clave D

Pregunta 3

El endemismo surge como consecuencia

A) del intercambio genético intenso entre poblaciones de diferentes ecosistemas.
B) del proceso de domesticación.
C) de la sobreexplotación de una especie.
D) del ritmo evolutivo muy intenso.
E) de las barreras naturales que impiden el intercambio genético.

Resolución

Una especie endémica es aquella especie que está restringida a una ubicación geográfica muy concreta y fuera de esta ubicación no se encuentra en otra parte. El endemismo surge como consecuencia de barreras naturales que impiden el intercambio genético entre poblaciones de la misma especie.

Clave E

Pregunta 4

Indique el factor que incrementa la resistencia de la especie a la variación en las condiciones ambientales.

A) riqueza de especies
B) diversidad de ecosistemas
C) diversidad genética
D) diversidad de especies
E) potencial biótico

Lumbreras Editores

Resolución

La reproducción sexual en poblaciones grandes favorece el intercambio genético e incrementa la diversidad genética de una especie. Cuando las poblaciones son muy reducidas, la diversidad es baja, aumentando la vulnerabilidad a la extinción, ya que su respuesta genética ante el cambio en las condiciones ambientales es menor.

Clave C

Pregunta 5

En el Perú existen trece humedales reconocidos como sitios Ramsar, una denominación que se da a los ecosistemas incluidos en la Lista de Humedales de Importancia internacional. Según el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (Sernanp), diez de los trece humedales, incluidos en la lista Ramsar, se encuentran en nuestras áreas naturales protegidas por el Estado. El humedal en Lima, formado por filtración de aguas subterráneas en las depresiones del desierto costero y que es el hábitat de muchas especies migratorias, corresponde a

A) ríos costeros.
B) pantanos de Villa.
C) lagunas de Mejía.
D) lomas de Lachay.
E) cerros de Amotape.

Resolución

La zona reservada de los Pantanos de Villa forma parte del sistema de humedales de importancia internacional, como zona de alimentación, reproducción, albergue, descanso y refugio de aves residentes y migratorias del continente americano las cuales recorren extensas áreas desde Norteamérica hasta Sudamérica, lagunas altoandinas y la Amazonía.

Clave B

Pregunta 6

La Puna húmeda ha sido categorizada por Antonio Brack como la ecorregión

A) pradera. B) páramo. C) estepa.
D) tundra. E) taiga.

Resolución

La Puna húmeda es una ecorregión de clima frío ubicado a más de 3000 metros de altura y que a diferencia de la Puna seca es muy lluviosa. Generalmente está cubierta por un manto de neblina y se le encuentra principalmente en Cajamarca y la sierra de Piura. Ha sido categorizada por Antonio Brack como una de las 11 ecorregiones y se la ha denominada Páramo.

Clave B

Pregunta 7

¿Cuál es el ecosistema presente en las riberas de la ecorregión mar tropical en nuestro país?

A) desierto costero
B) loma costera
C) manglares
D) albúfera
E) bosque seco

Resolución

El ecosistema de manglar está presente en la desembocadura del río Tumbes en el mar tropical. La mezcla de agua dulce y cargada de sedimentos de los ríos, con las aguas saladas del mar, generan las condiciones para la formación de un bosque de manglar que proporciona alimento y refugio a centenares de especies de animales y plantas.

Clave C

Lumbreras Editores

Pregunta 8

La megadiversidad biológica del Perú se debe a la

A) corriente marina de Humboldt y del Niño.
B) proximidad a la línea ecuatorial y climas cálidos.
C) variedad de hábitat y climas.
D) estacionalidad y ambiente muy marcado.
E) geología y antigüedad del subsuelo.

Resolución

La presencia de la cordillera de los Andes genera una gran diversidad de pisos ecológicos con diversos hábitats y microclimas determinantes para nuestra condición de país megadiverso.

Clave C

Pregunta 9

Señale el ecosistema terrestre de mayor biodiversidad en el territorio peruano.

A) Las estribaciones andinas recubierta con vegetación de estación del invierno.
B) Los pastizales que se ubican en las zonas alto andina donde predominan un clima frío seco.
C) Los arboles espaciados recubiertos con vegetación herbácea sobre la superficie con periodos corto de lluvias.
D) Los bosques tropicales o ecuatoriales ubicados en la región oriental del territorio peruano.
E) Se concentra en la zona de la pampa Heath en Madre de Dios.

Resolución

El ecosistema terrestre de mayor biodiversidad en el territorio peruano es el bosque tropical, con predominio de vegetación arbórea en distintos niveles, el cual es hábitat de un gran número de especies de aves, mamíferos, insetos, etc.

Clave D

Pregunta 10

¿Que ecorregión es uno de los centros mas antiguos de domesticación de la papa, la maca y la cañigua?

A) Serranía Esteparia
B) Selva Alta
C) Selva Baja
D) Páramo
E) Puna

Resolución

Los altiplanos surandinos presentes en la ecorregión Puna son los centros originarios de cultivos nativos domesticados como la papa, la oca y el olluco. El origen de estos tubérculos comestibles se establece que fue hace 9000 a.n.e en el sur de nuestro país. Durante siglos fue, junto al maíz, puntal clave en la alimentación de varias civilizaciones precolombinas.

Clave E

Pregunta 11

La ecorregión que compartimos con Bolivia, Paraguay y Argentina corresponde

A) a la Selva Baja.
B) a la Selva Alta.
C) al Páramo.
D) a la Sabana de Palmeras.
E) a la Puna.

Resolución

La Sabana de Palmeras forma parte de un ecosistema mayor que abarca la zona este de Bolivia, oeste de Paraguay y el norte de Argentina, donde se le llama chaco o pampa.

Clave D

Lumbreras Editores

Preguntas propuestas

1. A la totalidad de genes, especies y ecosistemas de una región se denomina

   A) diversidad biológica.
   B) riqueza biológica.
   C) diversidad biogeográfica.
   D) endemismo ecorregional.
   E) endemismo natural.

2. ¿Cuáles son considerados beneficios brindados por la biodiversidad?

   I. fuente de recursos genéticos
   II. seguridad alimentaria mundial
   III. seguridad de la salud

   A) solo I
   B) solo II
   C) I y II
   D) II y III
   E) I, II y III

3. ¿Cuáles son los aspectos ambientales usados como criterios para diferenciar el mar tropical del mar frío?

   A) hemperatura y *p*H
   B) temperatura y salinidad
   C) salinidad y *p*H
   D) solo temperatura
   E) temperatura, salinidad y *p*H

4. La neblina invernal en la costa peruana permite el desarrollo de formaciones vegetales denominadas

   A) bosque de coníferas.
   B) algarrobales.
   C) manglares.
   D) lomas.
   E) bosque ribereño.

5. El tapir andino (pinchaque) es una especie que habita en la región altoandina de Piura y Cajamarca, morfológicamente ha sufrido pocos cambios durante los últimos 20 millones de años. Actualmente es una especie en vías de extinción. Por las peculiaridades de su hábitat, esta especie es característica de la ecorregión

   A) Puna.
   B) Serranía Esteparia.
   C) Páramo.
   D) Selva Alta.
   E) Bosque Seco del Noroeste.

6. La presencia de corrientes de aguas cálidas en el norte de nuestro país determina la abundancia de precipitaciones en la costa, generando hacia el sur del río Tumbes una vegetación cada vez más exuberante. Aquella ecorregión con vegetación representativa de ceibo y algarrobo corresponde

   A) al Bosque Tropical del Pacífico.
   B) a la Selva Alta.
   C) a la Selva Baja.
   D) al Páramo.
   E) al Bosque Seco del Noroeste.

7. Uno de los frutos más consumidos en la región Loreto es producido por una palmera que crece en terrenos pantanosos de mal drenaje. Es una planta originaria del Perú, aunque también se le encuentra en Brasil, Bolivia, Colombia, Ecuador y Venezuela. La especie vegetal a la que se hace referencia corresponde al

   A) camu camu.
   B) aguaje.
   C) cacao.
   D) tuna.
   E) kiwi.

Lumbreras Editores

Lea el siguiente texto y, a continuación, responda las preguntas 8 y 9

Durante el viaje de excursión hacia el Oriente de neustro país, Juan se duerme profundamente y luego de varias horas, se despierte al amanecer y al acercarse a la ventana distingue un paisaje caracterizado por un relieve montañoso con vegetación frondosa. Al bajar del autobús se dirigen a un restaurante donde todos solicitan alimentos de la zona para luego continuar su marcha.

8. El paisaje apreciado es característico de la ecorregión

A) Selva Baja.
B) Bosque Seco del Noroeste.
C) Selva Alta.
D) Bosque Tropical del Pacífico.
E) Páramo.

9. A Juan le ofrecen potajes preparados con peces nativos, que comprenden

A) doncella y carachama.
B) trucha y doncella.
C) trucha y carachama.
D) paiche y trucha.
E) paiche y jurel.

10. Con respecto a la fauna y flora de las ecorregiones, en nuestro país, indique la secuencia correcta del valor de verdad (V o F).

I. El Pingüino de Humboldt solo se encuentra en el mar frío.
II. El ecosistema de manglares pertenece a la ecorregión de mar tropical.
III. La ecorregión que no compartimos con otro país vecino es el Bosque Seco del Noroeste.

A) FFF B) FVV C) VFV
D) VVF E) VVV

11. Relacione la ecorregión amazónica con sus respectiva especie.

I. Sabana de Palmeras
II. Selva Alta
III. Selva Baja

a. gallito de las rocas
b. lobo de crín
c. paiche

A) Ia, IIb, IIIc B) Ib, IIa, IIIc C) Ia, IIc, IIIb
D) Ib, IIc, IIIa E) Ic, IIb, IIIa

12. El Páramo es una ecorregión ubicadas en las alturas de

A) Cajamarca y amazonas.
B) Piura y Tumbes.
C) Cajamarca y Piura.
D) Lima y Ancash.
E) Ica y Lima.

13. El reconocido lugar que ocupa el Perú en el mundo, en cuanto a su biodiversidad, se fundamenta por su

A) corriente marina de Humboldt.
B) antigüedad de los Andes.
C) estaciones anuales marcadas.
D) amplia gama de climas.
E) cercanía a la línea ecuatorial.

14. El lobo de crin y el ciervo de los pantanos tienen una distribución geográfica en la ecorregión

A) Páramo.
B) Selva Alta.
C) Selva Baja.
D) Sabana de Palmeras.
E) Bosque Seco del Noroeste.

Lumbreras Editores

15. Un grano, que según Max Uhle fue domesticada hace unos 5000 años y utilizada como alimento hace 3000 años, actualmente tiene una amplia distribución en el altiplano peruano-boliviano, donde se encuentra concentrada la mayor variabilidad y diversidad de cultivo y sus parientes silvestres. Indique a qué especie vegetal hace referencia la información anterior.

A) frijoles B) maíz C) quinua
D) maca E) habas

16. El componente de la biodiversidad del mar frío peruano, que es la especie clave en su ecosistema, y que es la principal especie capturada por la pesca industrial para la producción de harina de pescado, corresponde a

A) atún B) anchoveta C) sardina
D) merluza E) pejerrey

17. En un examen le solicitan a Gabriel que identifique cuál de los auquénidos, como la alpaca, la llama, la vicuña y el guanaco, han sido domesticados. Para responder correctamente, la respuesta debe ser

A) solo llama.
B) solo alpaca.
C) alpaca y llama.
D) llama y vicuña.
E) guanaco y vicuña.

Lea el siguiente texto y, a continuación, responda la pregunta 18 y 19.

En un viaje de excursión, el profesor conduce a los alumnos a un poblado en el valle del Mantaro. Los alumnos disfrutan el azul del cielo y se dirigen por caminos bordeados por árboles de eucalipto y molle, además observan que las laderas de los cerros están pobladas de retama floreciente y se aprestan a descansar. Al amanecer se despiertan con el canto del gallo y se dirigen a desayunar una deliciosa trucha a la parrilla y les comunican que de almuerzo habrá cuy frito.

18. De las especies vegetales mencionadas, indique cuáles de las especies son nativas.

A) solo retama
B) solo molle
C) molle y retama
D) molle y eucalipto
E) eucalipto y retama

19. De las especies animales, indique cuáles de las especies son nativas.

A) solo cuy
B) solo trucha
C) cuy y trucha
D) gallo y cuy
E) gallo y trucha

Lumbreras Editores

CAPÍTULO XXVI

DETERIORO DE LOS ECOSISTEMAS

Objetivos

- Comprender los conceptos básicos en el estudio del deterioro de los ecosistemas.
- Identificar las principales consecuencias como resultado de la interacción negativa del hombre con la naturaleza.
- Comprender los mecanismos principales del deterioro de los ecosistemas por contaminación y el aprovechamiento irracional de los recursos naturales.

Introducción

El hombre forma parte de los integrantes de la naturaleza y conscientemente a través de ella garantiza su hábitat, utilizando los diferentes recursos naturales para su consumo o como materia prima para su transformación, permitiéndole la satisfacción de sus necesidades. Si bien, la sociedad transforma la naturaleza para llevar a cabo intereses determinados, las necesidades en los grupos sociales no siempre son los mismos en el tiempo, por lo cual es necesario realizar una valoración de las consecuencias para el entorno.

El surgimiento de la propiedad privada, y más aún en el capitalismo, en el cual el fin supremo de la producción es la acumulación de riqueza, representa una amenaza para la naturaleza, porque trae consigo el deterioro de los ecosistemas debido a la explotación irracional de los recursos naturales y a la contaminación ambiental que genera. Por esta razón, es necesario identificar las causas reales del deterioro de los ecosistemas para proponer soluciones viables que garanticen nuestro desarrollo en armonía con la naturaleza.

Tras la quema o tala indiscriminada de un bosque o un derrame de crudo en el mar, la imagen resulta catastrófica. Por ello asombra cómo la naturaleza es capaz de sobreponerse con el paso del tiempo, esta capacidad denominada resiliencia no es ilimitada. Al forzarla en exceso, los seres humanos ponen en peligro no solo el planeta, sino también su presente y su futuro. Los científicos señalan que incluso pequeños impactos pueden causar cambios irreparables desproporcionadamente grandes a los ecosistemas. Una vez superado ese límite, se llega al "punto de no retorno"; es decir, el ecosistema ya no podrá ser como antes.

1▸ Equilibrio ecológico

Es la capacidad de un ecosistema en mantener su estructura (riqueza, biomasa, relaciones tróficas) y funcionamiento (productividad, descomposición, eficiencias energéticas) dentro de ciertos intervalos de valores a lo largo del tiempo. El equilibrio ecológico es dinámico y depende de la estabilidad, resistencia y resiliencia de los ecosistemas.

1.1. ESTABILIDAD

Es la capacidad de un ecosistema de mantener su funcionamiento más o menos constante a lo largo del tiempo, lo cual no implica ausencia de variación de las poblaciones y de la sustitución de especies. Cuando el ecosistema se mantiene estable solo en un ámbito estrecho de condiciones ambientales se dice que el ecosistema es frágil, y cuando el ecosistema se mantiene estable en un amplio ámbito de condiciones ambientales se dice que es robusto.

1.2. RESISTENCIA

Se denomina resistencia la capacidad de un ecosistema para conservar su estructura y funcionamiento ante un disturbio, sea natural o provocado.

1.3. RESILIENCIA (ELASTICIDAD)

Es la capacidad de un ecosistema para recuperar su estructura y funcionamiento después de verse alterado luego de un disturbio, pudiendo regresar a su estado original una vez que el disturbio ha terminado.

2▸ Deterioro ecológico

Es el proceso de degradación y destrucción de los ecosistemas debido a los fenómenos naturales o las actividades humanas que este realiza para satisfacer sus necesidades, causando desequilibrio en los ecosistemas.

Los disturbios son eventos súbitos, que dañan o matan organismos, abriendo espacios de colonización, por ejemplo los incendios, pisoteo, la construcción de carreteras, las erupciones, las inundaciones, los ciclones, los derrames de petróleo, introducción de especies exóticas y de ganado, etc. Los daños causados en los organismos y ecosistemas a consecuencia de los disturbios se denomina perturbación del ecosistema comprende diversos aspectos, tales como la baja productividad del ecosistema, ausencia de sombra, pérdida de carbono, muerte de insectos polinizadores y descomponedores, incremento de la necromasa (biomasa muerta), etc.

ESCALAS A LA QUE OPERA EL DETERIORO ECOLÓGICO	
A escala global	A escala local
cambio climático	deforestación
deterioro de la capa de ozono	pérdida y degradación de suelos
desertificación	problemas de uso de agua
pérdida de la biodiversidad	contaminación local

Entre las manifestaciones generales del deterioro de los ecosistemas, podemos considerar a los siguientes:

- La contaminación que genera cambios drásticos en las condiciones del agua, aire y suelo, afectando las condiciones de supervivencia de las comunidades vivientes en los ecosistemas.
- La pérdida de biodiversidad con alto grado de extinción de especies, erosión genética y reducción del tamaño poblacional, debido fundamentalmente a la sobreexplotación de los recursos para satisfacer patrones de consumos excesivos.

3▸ CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

La contaminación o polución es la incorporación en el ambiente de sustancias, organismos o formas de energía en cantidades superiores que genera cambios indeseables en las características físicas, químicas o biológicas del ambiente (tierra, aire y agua) que puede afectar o afecta perjudicialmente a la vida humana y de otras especies. La contaminación también deteriora los recursos naturales y alteran el equilibrio ecológico de la zona.

Tipos de contaminación

Según la naturaleza del agente contaminante	biológico	Microbios causantes de enfermedades y especies introducidas.
	físico	Ruidos, radiaciones y calor.
	químico	Óxidos de carbono (CO, CO_2), nitrógeno (NO_2, NO_3 y NO) y azufre (SO_2, SO_3); CFC, detergentes, plaguicidas y metales pesados.
Según la fuente de contaminación	natural	No generados por el hombre
	artificial (antrópico)	Conformados por las sustancias generadas por el hombre denominados xenobióticos: CFC, DDT

3.1. CONTAMINANTES

Un contaminante es cualquier sustancia o forma de energía que al estar en cantidad relativa suficiente, puede provocar algún daño o desequilibrio (irreversible o no) en un ecosistema, en el medio físico o en un ser vivo; generalmente, se genera como consecuencia de la actividad humana.

Algunos contaminantes como los metales pesados (plomo y mercurio) no se descomponen por procesos naturales; otros como el DDT y los plásticos se degradan lentamente, mientras los restos orgánicos son biodegradables al ser metabolizados por microorganismos como bacterias y hongos.

Los factores que determinan la severidad de los efectos que puede tener un contaminante son su naturaleza química, su concentración y el tiempo que permanece en el aire, suelo, agua y en el organismo.

3.2. FUENTE DE CONTAMINACIÓN Y RESIDUOS CONTAMINANTES

Algunas mezclas de contaminantes provienen de fuentes puntuales únicas y bien identificables, como el tubo de desagüe de una procesadora, o la chimenea de una central de energía, otras provienen de fuentes dispersas difíciles de identificar, como los fertilizantes en corrientes de agua, provenientes de los campos agrícolas y pesticidas que se esparcen en el aire y el viento los lleva a la atmósfera.

De acuerdo a su estado físico pueden ser efluentes (líquidos y gases) o residuos sólidos.

3.2.1. Efluentes líquidos

Comprenden las aguas negras o aguas servidas, el drenaje de agua ácida de mina y los desechos industriales pesqueros, metalúrgicos, etc. También incluye los derrames de combustibles derivados del petróleo, la aplicación de plaguicidas en agricultura, de modo que daña los cuerpos de agua (ríos, lagos, mares y océanos) y el suelo.

3.2.2. Efluentes gaseosos

Los agentes gaseosos incluyen óxido de nitrógeno y azufre, productos de la combustión del petróleo, y el monóxido de carbono liberado por la combustión incompleta de la gasolina. También comprende a la emisión de CFC por el uso de aerosoles y refrigerantes.

3.2.3. Residuos sólidos

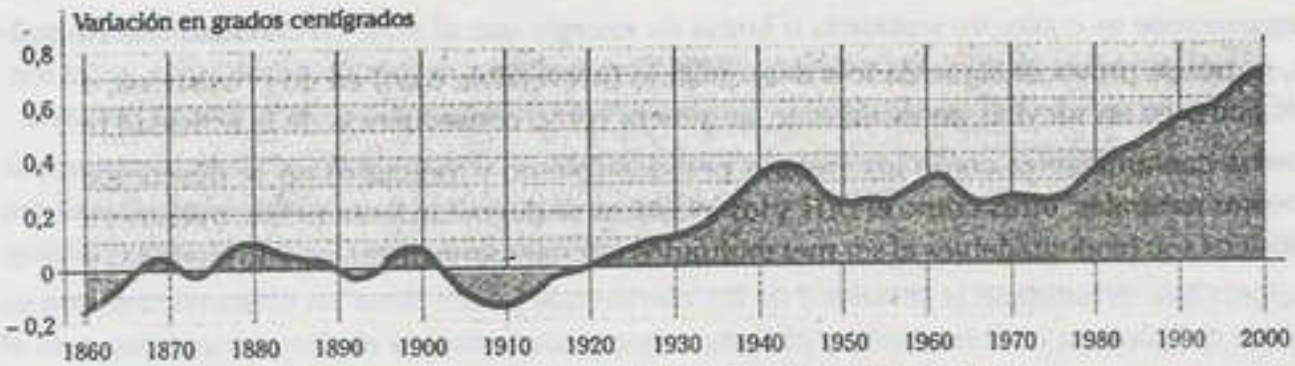
Los residuos sólidos comprenden la basura en sus diversas presentaciones que contamina el suelo, el aire y el agua. La degradación de la basura en el suelo produce mal olor, gases tóxicos y la proliferación de microorganismos las convierte en foco infeccioso.

3.3. DETERIORO AMBIENTAL ASOCIADO A LA CONTAMINACIÓN

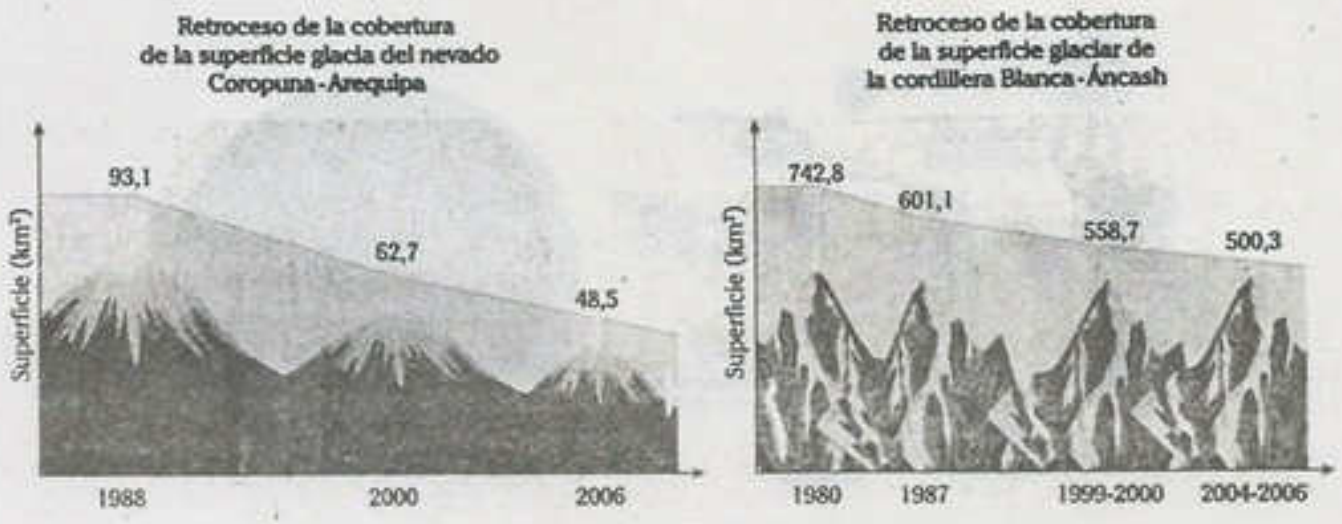
3.3.1. Calentamiento global

Es el incremento a largo plazo en la temperatura promedio de la atmósfera, debido al aumento de la concentración de gases de efecto invernadero (GEI) como dióxido de carbono CO_2 y metano CH_4, los cuales impiden que el calor sea liberado hacia el exterior. El incremento de GEI se debe a su emisión excesiva por la quema de combustibles fósiles y a la eliminación de grandes superficies de bosque que reducen su asimilación fotosintética. Entre las consecuencias del calentamiento global tenemos al derretimiento de los glaciares y el ascenso del nivel del mar, el aumento de sequías en algunas regiones, la reducción de las cosechas y la extensión de enfermedades como la malaria.

La temperatura de la tierra a través de los años



Se observa que la temperatura de la Tierra aumentó 0,6 °C, desde 1860.



Retroceso de la cobertura de la superficie glaciar en algunos nevados en nuestro país

Protocolo de Kioto (1997)

Basados en el informe del Panel Internacional sobre Cambio Climático (IPCC), en diciembre de 1997 se firmó el Protocolo de Kioto, entre países industrializados, con el compromiso de reducir las emisiones de gases de invernadero, lo cual implica el cambio de la matriz energética, una reconversión industrial y del transporte, etc., modificando en parte la economía de un país.

3.3.2. Lluvia ácida

Es la precipitación con un *p*H inferior a 5,5 que es causada por la reacción del agua atmosférica más las emisiones gaseosas industriales con alto índice de óxido de nitrógeno y azufre, de modo que forman ácido nítrico y sulfúrico que se precipitan como gotas de lluvia ácida.

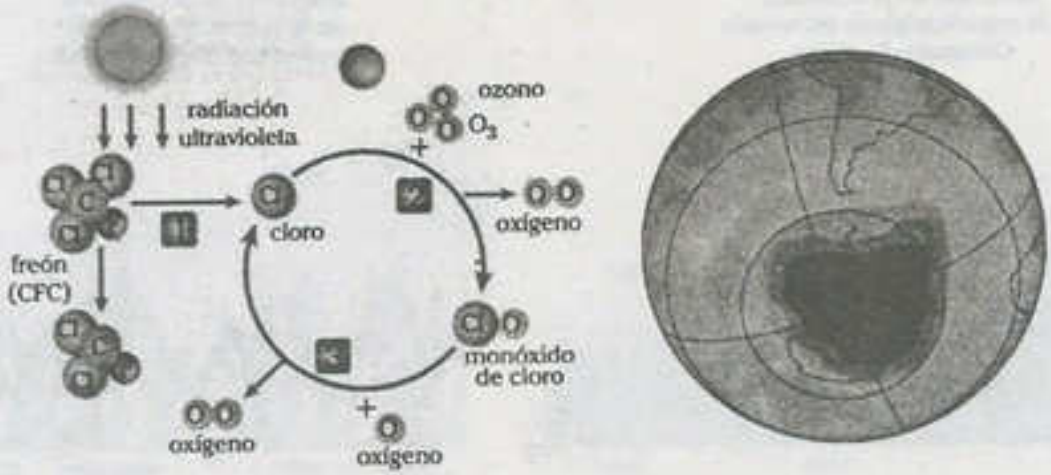
La lluvia ácida afecta la fertilidad de los suelos al reducir la absorción radicular de minerales básicos, como potasio, magnesio y calcio; disuelven la cera que protege a las hojas de la deshidratación; baja el *p*H de lagos y ríos, afectando al plancton y algunas especies animales.

3.3.3. Deterioro de la capa de ozono

Es la disminución de la concentración del ozono en la estratósfera, debido a la emisión de clorofluorocarbonos (CFC o freones) empleados en aerosoles y refrigerantes. Estos por acción de la luz desprenden cloro activo, que descompone con el ozono en un proceso cíclico.

La radiación ultravioleta C es la de menor longitud de onda y es letal para todas las formas de vida, es bloqueada casi por completo por la capa de ozono. La radiación ultravioleta A, de mayor longitud, es relativamente inofensiva y pasa casi en su totalidad a través de la capa. Entre ambas está la UVB, moderadamente letal absorbida en su mayor parte por la capa de ozono. Cualquier daño a la capa de ozono aumenta la radiación UVB sobre la superficie terrestre.

La disminución de la concentración registrada hacia el polo sur se reconoce como el agujero en la capa de ozono, en ella, la radiación ultravioleta llega intensamente, produciendo daños en el fitoplancton e indirectamente a la abundancia y biodiversidad de recursos hidrobiológicos. En humanos, los altos índices de rayos UVB provocan cáncer de la piel o melanomas y la supresión de la eficiencia del sistema inmunológico.



La acción de los CFC sobre el ozono atmosférico ha generado una disminución de la concentración de ozono principalmente en la Antártida.

Protocolo de Montreal

Firmado en 1987, es el compromiso para la reducción de la producción y el consumo de numerosas sustancias agotadoras de ozono.

3.3.4. Eutrofización

El proceso de eutrofización consiste en el enriquecimiento en nutrientes, principalmente nitradas y fofatos, de un ecosistema acuático.

La descarga de detergentes, fertilizantes y residuos orgánicos a los ambientes acuáticos aporta amonio (NH^{+4}), nitratos (NO^{-3}) y fosfatos (PO_4^{-3}), esto favorece la proliferación de plantas y microalgas superficiales. La baja iluminación del fitoplancton y la descomposición de restos orgánicos reducen el oxígeno disponible, de modo que afecta la ictiofauna.

De acuerdo al contenido de nutrientes y su productividad primaria, los ambientes acuáticos pueden ser clasificados de menor a mayor como oligotrófico, mesotrófico, eutrófico e hipertróficos.

3.3.5. Smog fotoquímico

Es el efecto producido cuando contaminantes atmosféricos como los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos emitidos por los escapes de los autos reaccionan con la luz solar; lo que origina sustancias mucho más tóxicas como ozono (O_3) y PAN (nitrato de peroxiacetilo). Es intenso en el verano de ciudades cálidas y secas con parque automotor numeroso y obsoleto.

3.3.6. Intoxicación por contaminantes

Muchas sustancias tóxicas presentes en los efluentes pueden ser incorporados directa o indirectamente en el organismo, de modo que causan intoxicación. Destacan los siguientes:

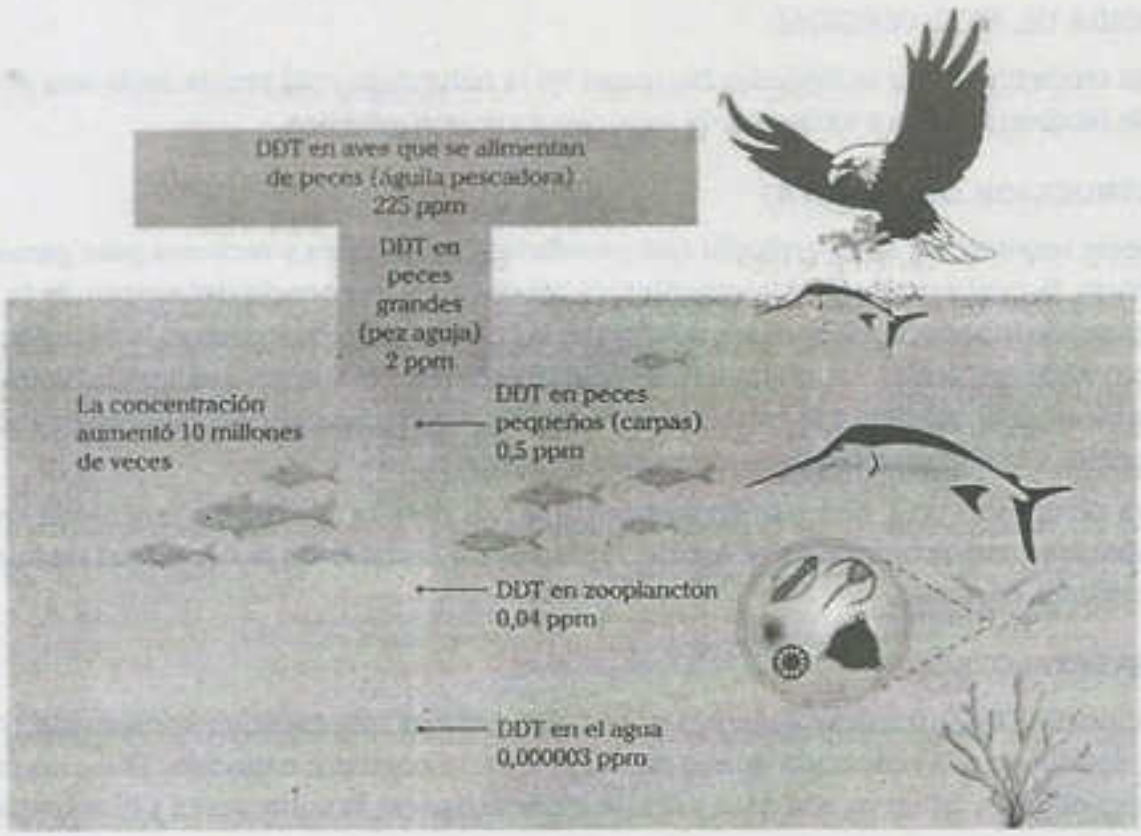
a. Metales pesados

Los metales pesados como el plomo y el mercurio incorporados al organismo se bioacumulan progresivamente en el organismo alcanzando niveles tóxicos en el organismo. El plomo afecta la producción de hemoglobina, lo que ocasiona diversas formas de anemia y provoca daños en el sistema nervioso por bioacumulación.

b. Pesticidas

El uso indiscriminado de plaguicidas organoclorados (DDT) y organofosforados (dieldrín, aldrín) en la agricultura ha incorporado estas sustancias tóxicas en las cadenas alimenticias. El DDT, un organoclorado liposoluble, se bioacumula en el tejido adiposo y produce afecciones neurológicas, daño hepático, cáncer y esterilidad. Se han encontrado restos de DDT en la leche materna.

BIOMAGNIFICACIÓN DEL DDT EN UNA CADENA ALIMENTICIA



c. Monóxido de carbono

Es producto de la combustión incompleta de la gasolina. Su alta afinidad por la hemoglobina inhibe competitivamente el transporte de O_2 en el organismo. Se diluye muy fácilmente en el aire ambiental, pero en un medio cerrado, su concentración lo hace muy tóxico, incluso mortal.

3.3.7. Exposición a radiaciones

La contaminación radiactiva puede producirse por accidentes humanos, por el uso de materiales nucleares y por la disposición final deliberada de los residuos. Una exposición a una dosis excesiva aumenta el riesgo de mutaciones que genera malformaciones congénitas, diversas formas de cáncer como la leucemia e incluso la muerte. Entre las fuentes de radiación de alta energía se tiene a los isótopos inestables de uranio enriquecido, plutonio, yodo, estroncio y cesio.

3.3.8. Incremento de enfermedades infecciosas

La exposición a residuos sólidos o fuentes de aguas servidas con abundantes microbios constituye una amenaza grave para la salud al convertirse en focos infecciosos de enfermedades respiratorias, gastrointestinales, etc.

3.3.9. Exposición al ruido

El ruido se define como todo sonido molesto y desagradable, el límite de tolerancia recomendado por la OMS es 65 dB (decibelios). El ruido causa dolor de cabeza, dificultad para dormir, defectos auditivos y tensión nerviosa. El contacto continuo con sonidos mayores a 80db ocasiona una pérdida de audición temporal o acúfenos (sensación de zumbido en los oídos). Así también, la exposición a sonidos muy fuertes de forma regular o prolongada, dañan permanentemente a las células sensoriales que ocaciona una pérdida irreversible de audición.

4› PÉRDIDA DE BIODIVERSIDAD

El impacto creciente de las actividades humanas en la naturaleza está provocando una acelerada pérdida de biodiversidad por extinción de especies y evasión genética.

4.1. DESTRUCCIÓN DEL HÁBITAT

Cada especie requiere un área territorial que provea las condiciones y recursos para garantizar su sobrevivencia, la cual se reduce al fragmentar un hábitat a consecuencia del avance de la agricultura, el desarrollo urbano, la silvicultura, la minería, la construcción de represas, la desertificación y la contaminación ambiental. La alteración del hábitat es la principal amenaza para la biodiversidad en toda la biósfera al ocasionar la extinción de especies, una reducción del número de individuos en las especies y la eliminación de su diversidad genética.

En la selva de nuestro país, tiene un gran impacto la tala para la agricultura migratoria en suelos poco productivos, cuyos nutrientes se agotan rápidamente, existiendo la necesidad de talas sucesivas en regiones cercanas.

4.2. SOBREEXPLOTACIÓN

La extracción directa y excesiva de plantas o animales a ritmos que exceden su capacidad de recuperación, conducen a la reducción de sus poblaciones y su posterior extinción. Entre los procesos de sobreexplotación, tenemos a la caza y la tala indiscriminada, la sobrepesca y el sobrepastoreo.

4.2.1. Caza indiscriminada

Causa de la extinción de la chinchilla real en su ambiente natural, debido a su piel que es muy preciada. También se puso en peligro de extinción a la vicuña en la puna y el jaguar en la selva.

4.2.2. Sobrepesca

La extracción irracional de la anchoveta, durante el "boom pesquero", puso en peligro sus poblaciones en el mar peruano.

4.2.3. Tala indiscriminada

Es la extracción de especies maderables en la selva, tales como cedro, caoba, tornillo, lupuna, entre otros. El hombre, además, hace uso de esta extracción para la obtención de leña en la sierra, tales como la queñoa, quishuar; y para la elaboración de parquet en la costa norte, como el hualtaco y el guayacán.

4.2.4. Sobrepastoreo

La ganadería en los pastizales de puna, páramo y lomas han reducido sus áreas drásticamente en ciertas regiones de nuestro país.

La sobreexplotación del recurso redujo drásticamente la población de especies como el cedro, la vicuña y la anchoveta, entre otros.

4.3. INTRODUCCIÓN DE ESPECIES EXÓTICAS

Las especies introducidas o exóticas son aquellas trasladadas intencional o accidentalmente por el ser humano, desde su localización original a nuevas regiones geográficas. Sin los factores que limitan las poblaciones en sus ambientes originales, estas especies introducidas pueden diseminarse aceleradamente en una nueva región, esto perjudica a las especies nativas, ya sea por depredación o al superarlos en la competencia por los recursos.

Especies como la retama, eucalipto fueron introducidas en la sierra de nuestro país, y recientemente fue la trucha que generó un impacto sobre especies nativas endémicas.

4.4. ALTERACIÓN DE REDES DE INTERACCIÓN

La dinámica del ecosistema depende de las relaciones interespecíficas en las comunidades: la extinción de una especie o la disminución de sus poblaciones puede alterar el dinamismo de las cadenas alimenticias. Un ecosistema con mayor biodiversidad puede reponer sus interacciones con mayor facilidad.

4.5. EROSIÓN GENÉTICA

Es la pérdida gradual de la diversidad genética, debido a que la mejora genética incluyendo los organismos transgénicos, ha dado lugar a variedades comerciales, uniformes y mucho más adaptadas a las técnicas modernas de cultivo y a los nuevos sistemas de comercialización.

Estas variedades modernas con una base genética muy reducida han ido desplazando a innumerables variedades tradicionales, heterogéneas y menos productivas, pero altamente adaptadas a su ambiente local y poseedoras de una gran diversidad genética. La erosión genética supone una limitación de la capacidad de responder a nuevas necesidades y un incremento de la vulnerabilidad de nuestros cultivos frente a cambios ambientales o aparición de nuevas plagas o enfermedades.

4.6. BIOPIRATERÍA

Es el acceso, aprovechamiento ilegal, irregular e inequitativo de recursos biológicos (recursos genéticos, semillas), así como de los conocimientos tradicionales de los pueblos asociados a ellos, en especial mediante el uso de la propiedad intelectual, con la finalidad de arrogarse derechos exclusivos sobre ellos. En los últimos años, los recursos como el ayahuasca, la maca o la quinua y los conocimientos tradicionales asociados a ellos han pasado a formar parte de invenciones protegidas legalmente por patentes u otros derechos de propiedad intelectual, sin ningún reconocimiento de su origen.

5▸ DETERIORO DE LA BIODIVERSIDAD EN EL PERÚ

Como consecuencia de la alteración irracional de los ecosistemas tenemos la degradación de ecosistemas y una larga lista de especies en peligro de extinción.

5.1. ECOSISTEMAS EN PELIGRO

- **Manglares de Tumbes.** Alguna vez fueron muy extensos, actualmente han sido reducidos a pocas áreas debido a la instalación de langostineras, tala del bosque de mangle para la ampliación de la frontera agrícola y la sobrecosecha de moluscos como las conchas negras.
- **Humedales de la costa.** Importantes para las aves migratorias, desaparecen gradualmente por la urbanización y drenaje de agua para cultivos vecinos. Los más afectados son los de Chimbote, lagunas de Villa (Lima), Puerto Viejo (Chilca) y otros.
- **Lomas costeras.** Estos ecosistemas dependientes de las neblinas invernales son de gran importancia por el endemismo de muchas de sus especies. Han sufrido el impacto debido al sobrepastoreo, a la tala de árboles y a la urbanización.
- **Bosques secos del noroeste.** Ricos en endemismos, son afectados por la tala y quemas periódicas de especies como el hualtaco, guayacán, palo santo.
- **Algarrobales.** Afectados por la tala para obtener leña y carbón, para la ampliación de la frontera agrícola. Grandes extensiones en la costa norte han desaparecido casi por completo.
- **Lagunas altoandinas.** Afectadas por descargas de los desechos de la minería y descargas de aguas servidas.
- **Bosques andinos.** En el pasado, 3 millones de hectáreas de bosques de keuñá y kishuar han sido reducidos por la tala indiscriminada a menos de 50 000 hectáreas.
- **Bosques de la Selva Alta.** Reducidos tremendamente en zonas colonizadas. Cerca de 3 millones de hectáreas han sido talados.
- **Ríos costeros.** Alterados por la contaminación urbana, minera y agrícola; extracción de agua para riego; descarga de aguas servidas como el Rímac. También la depredación de camarones en el río Cañete y Majes.

5.2. CATEGORIZACIÓN DE LAS ESPECIES AMENAZADAS SEGÚN INRENA (1999)

El Inrena (Instituto de Recursos Naturales del Perú), institución oficial para el control de la biodiversidad, mediante el D.S. 013-99 AG, realizó una categorización de las especies amenazadas en el Perú.

5.2.1. Especies en vías de extinción

Aquellas que se encuentran en peligro inmediato de desaparecer por poblaciones de tamaño crítico o soportan una drástica reducción de sus hábitats, y si los factores que causan sus problemas de conservación continúan podrían morir los pocos animales vivos que quedan de esa especie amenazada.

Lobo de crin

Pava aliblanca

Maquisapa

5.2.2. Especies en situación vulnerable

Por exceso de caza, por destrucción de hábitat y por otros factores, son susceptibles de pasar a la situación de especies en vías de extinción.

Lobo chusco de mar

Jaguar u otorongo

Condor andino

5.2.3. Especies en situación rara

Especies cuyas poblaciones naturales son muy escasas, por su carácter endémico u otras razones y que podrían llegar a ser vulnerables.

5.2.4. Especies en situación indeterminada

Son aquellas especies cuya situación está amenazada, pero no se posee suficiente información para determinar la categoría adecuada.

A todo el público en general:

El Proyecto Modo Scan+100, nace de una idea del **Team Calapenshko**, el cual es difundir todo aquel texto inédito que no esté circulando en la red.

Nuestro Grupo Calapenshko hace el mejor esfuerzo para digitalizar este libro, y así usted estimado lector pueda obtener la mejor experiencia que toda persona desea al abrir un libro.

Este proyecto llega gracias a las **donaciones que se pudo obtener de 100 personas** comprometidas con el proyecto **MODO SCAN+100**.

Este libro no debe ser prostituito monetariamente, este libro no debe ser coleccionado, este libro debe ser destruido analíticamente, así que te invito a leerlo.

No pagues por este libro de **circulación gratuita**, búscalo en la red.

Atentamente, el **GRUPO CALAPENSHKO**

18 de agosto del 2020

	En vías de extinción	En situación vulnerable	En situación rara	En situación indeterminada
Mamíferos	guanaco mono choro de cola amarilla maquisapa mono huapo colorado ciervo de los pantanos lobo de crin taruca lobo marino fino nutria del noroeste pinchaque oso de anteojos	mono choro machín blanco y negro mono coto aullador vicuña tigrillo venado pudu (sachacabra) oso hormiguero lobo chusco otorongo armadillo gigante mono frailecillo tapir	armadillo peludo pacarana perro conchero perro de monte marmosa	zorro de orejas cortas ratón de agua hurón chosna venado cenizo
Aves	paujil cornudo águila harpía potoyunco pava aliblanca flamenco andino (parihuana) zambullidor de Junín suri (ñandú petiso) pingüino de Humboldt	halcón peregrino guacamayo (algunos) perico (algunos) zarcillo guanay chuita pelícano gallito de las rocas condor andino	carpintero terrestre picaflor (algunos) avoceta andina águila monera cotinga de Zárate	pato cordillerano aguiluchos loro (algunos) perico (algunos) perdiz negra
Reptiles	cocodrilo de Tumbes charapa	boa de costa lagarto balancó y negro salamanqueja taricaya	boa anaconda (yacumama) lagarto enano	mata-mata camaleón rojo mantona roja lagartijas (algunas) tortugas (algunas)

5.3. CATEGORIZACIÓN DE LAS ESPECIES AMENAZADAS SEGÚN DGFFS Y SERFOR

La Dirección General Forestal y de Fauna Silvestre (DGFFS), actualmente denominado Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (Serfor), adscrito al Ministerio de Agricultura y Riego, aprobó la actualización de la lista de clasificación y categorización de las especies amenazadas de flora y fauna silvestre legalmente protegidas.

- **En peligro crítico (CR).** Un taxón está en peligro crítico cuando la mejor evidencia disponible indica que se está enfrentando a un riesgo extremadamente alto de extinción en estado silvestre.
- **En peligro (EN).** Una especie o taxón se considera en peligro cuando la mejor evidencia disponible indica que se está enfrentando a un riesgo muy alto de extinción en estado silvestre.

- **Vulnerable (VU).** Una especie o taxón es vulnerable cuando la mejor evidencia disponible indica que se está enfrentando a un riesgo alto de extinción en estado silvestre.
- **Casi amenazado (NT).** Un taxón está casi amenazado cuando ha sido evaluado según los criterios y no satisface, actualmente, los criterios para "en peligro crítico", "en peligro" o "vulnerable"; pero está próximo a satisfacer los criterios, o posiblemente los satisfaga, en el futuro cercano.

	En peligro crítico	En peligro	Vulnerables	Casi amenazadas
Mamíferos	guanaco mono choro de cola amarilla pinchaque (tapir enano)	lobo marino fino maquisapa mono choro venado enano (pudú) gato marino (nutria marina) lobo de río (nutria gigante) mono pichico	mono coto aullador mono huapo colorado ciervo de los pantanos armadillo peludo taruca hormiguero gigante lobo chusco de mar oso de anteojos manatí	zorro costeño jaguar (otorongo) puma andino tapir (sachavaca) vicuña majaz de montaña
Aves	pava aliblanca zambullidor de Junín suri (ñandú petiso)	pelícano pingüino de Humboldt piquero peruano condor andino	águila harpía potoyunco zarcillo cotinga de Zárate	halcón peregrino paujil común flamenco (parihuana) gallareta gigante
Reptiles	cocodrilo de Tumbes tortuga carey	boa de costa lagartijas charapa salamanqueja	jergón cañan lagartijas taricaya	caimán negro
Plantas	huaitaco palo santo algarrobo hercampuri cedro serrano saucecillo (romerillo)	chonta guayacán sapote caoba queñoa quishuar	yareta puya de Raymondi mito ishpingo copaiba nogal moena lupuna huaíruro huarango ayahuasca mangle rojo	amancae valeriana chuchuhuasi barbasco castaña cantuta uña de gato mangle blanco
	algunas especies de orquídeas y cactáceas			

twitter.com/calapenshko

Perú: Riesgos sobre la biodiversidad, el ambiente y la actividad agropecuaria del DS 003

En la zona andina, nuestros ancestros los incas dominaron técnicas y estrategias de la adaptación, resistencia y mejoramiento de las especies vegetales y tuvieron en Moray el centro andino más importante para introducir especies nuevas, mejoras genéticas y aquellas adaptadas a nuevos ambientes. Desde miles de años se ha practicado una agricultura mixta, y la riqueza de la biodiversidad siempre ha sido un patrimonio de los pueblos, ya que ha constituido una estrategia para tener éxito sobre las inclemencias del clima, del ataque de plagas y enfermedades, a su vez para tener éxito en la producción de alimentos que constituye un insumo clave de la soberanía alimentaria.

El organismo modificado genéticamente (OMG) es un organismo vivo que ha sido creado artificialmente manipulando sus genes. Las técnicas de ingeniería genética consisten en aislar segmentos del ADN (el material genético) de un ser vivo (virus, bacteria, vegetal, animal e incluso humano) para introducirlos en el material hereditario de otro. La planta transgénica contiene uno o más genes que han sido insertados en forma artificial en lugar de que la planta los adquiera mediante la polinización. La secuencia génica insertada (llamada transgén) puede provenir de otra planta no emparentada o de una especie diferente por completo. La diferencia fundamental con las técnicas tradicionales de mejora genética es que permiten franquear las barreras entre especies para crear seres vivos que no existían en la naturaleza. Diversas instituciones de carácter científico y organismos internacionales han observado los peligros de estos cultivos para el ambiente, para el sistema agrario, la agricultura, la salud, repercusiones en lo social y económico que deben ser adecuada y oportunamente analizados y dados a conocer a todos los niveles de la sociedad.

Los riesgos sanitarios a largo plazo de los OMG presentes en nuestra alimentación o en la de los animales cuyos productos consumimos no se están evaluando correctamente y su alcance sigue siendo desconocido. Permitir que ingresen los transgénicos a un país rico en biodiversidad o posibilitar mediante reglamento la manipulación genética para crear organismos vivos modificados en el Perú, constituye un atentado al patrimonio natural en perjuicio de la evolución que ha tardado millones de años para heredarnos la riqueza en biodiversidad que tenemos los peruanos.

Adaptado de GIL MORA, Juan Eduardo. "Perú: Riesgos sobre la biodiversidad, el ambiente y la actividad agropecuaria del DS 003". En <https://www.servindi.org>.

Preguntas resueltas

Lea atentamente, y a continuación responda las preguntas 1 y 2

El estudio llevado adelante por científicos del Smithsonian Tropical Research Institute (STRI), muestra que las denominadas selvas tropicales secundarias, las originadas a partir de anteriores desaparecidas denominadas primarias, son mucho más resistentes, ya que crecen con más rapidez buscando maximizar los accesos a la luz solar, por lo que no solo se reponen de modo acelerado, sino que en ese camino practican una absorción de luz mucho más importante que la original, fijando hasta 11 veces más carbono de la atmósfera que las originales.

Pregunta 1

La tala indiscriminada que genera una pérdida de cobertura forestal y de hábitats en las selvas tropicales, es considerado como

A) un disturbio.
B) una sucesión primaria.
C) una perturbación.
D) una sucesión secundaria.
E) una restitución ecológica.

Resolución

Se denomina disturbio a los eventos súbitos, que alteran el funcionamiento y la composición de una comunidad en un ecosistema, como por ejemplo la tala forestal, los incendios, el pisoteo, la construcción de carreteras, las erupciones, las inundaciones, los ciclones, los derrames de petróleo, la introducción de ganado, etc.

Clave A

Pregunta 2

El crecimiento de modo acelerado del bosque secundario para recuperar la estructura y funcionamiento de su comunidad, se denomina

A) rehabilitación.
B) regeneración.
C) una perturbación.
D) biorremediación.
E) resiliencia.

Resolución

Las selvas tropicales luego de sufrir un disturbio a causa de la tala son capaces de restablecer su composición y sus redes de interacción de forma acelerada, a este proceso de restablecimiento se le denomina resiliencia.

Clave E

Pregunta 3

El crecimiento de las demandas energéticas y de alimentos por la población humana está provocando grandes cambios en las condiciones abióticas de nuestro planeta. Uno de estos cambios es el incremento de la temperatura global promedio, habiendo sido el 2016 el año más caluroso de la última década. Este incremento de temperatura se debe, principalmente,

A) al exagerado uso de fertilizantes en la agricultura.
B) al aumento del uso de radiación UV por la industria.
C) al incremento de la fotosíntesis por la arborización.
D) a la extracción y uso excesivo de combustibles fósiles.
E) al desplazamiento y cambio de las corrientes marinas.

Lumbreras Editores

Resolución

La presencia de gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono permite retener en la atmósfera a la radiación solar reflejada por la superficie de nuestro planeta, este efecto se denomina efecto invernadero. Las emisiones excesivas de dióxido de carbono por la quema de combustibles fósiles están incrementando la temperatura global promedio, desencadenando el proceso de calentamiento global.

Clave D

Pregunta 4

Indique el primer acuerdo cuyo objetivo es el de controlar la producción y el consumo de numerosas sustancias agotadoras de ozono.

A) Acuerdo de París
B) Convenio de Diversidad Biológica
C) Protocolo de Kioto
D) Declaración de Río
E) Protocolo de Montreal

Resolución

La determinación de la relación entre la reducción de la concentración del ozono y la emisión al aire de sustancias agotadoras del ozono como los clorofluorocarbonos (CFC), impulsó la firma del Protocolo de Montreal, en 1987, para la reducción de la producción y el consumo de numerosas sustancias agotadoras de ozono.

Clave E

Pregunta 5

Respecto al ruido y su relación con la salud, determine los enunciados correctos.

I. Constituye un sonido que puede o no ser molesto.
II. Afecta la calidad de vida y rendimiento de las personas.
III. Ocasiona dolor a partir de los 80 decibeles.
IV. La exposición crónica a ruidos intensos ocasiona sordera.

A) solo I
B) I y II
C) I y III
D) II y IV
E) I, II, III y IV

Resolución

El ruido es todo sonido molesto desagradable, y el límite de tolerancia recomendado por la OMS es 65 dB (decibelios). Superado este valor afecta la calidad de vida de las personas, generando estrés, problemas de sueño, depresión, falta de descanso, hipertensión, ansiedad, dolor de cabeza, problemas digestivos, etc. El efecto es doloroso al superar los 120 decibeles. La exposición a sonidos muy fuertes de forma regular o prolongada, dañan permanentemente a las células sensoriales ocasionando una pérdida irreversible de audición.

Clave D

Pregunta 6

La selección de plantas más rentables tiene impacto en la biodiversidad debido a que

A) promueve su propia extinción.
B) reduce la base genética de los cultivos.
C) incrementa la base genética de los cultivos.
D) reduce la contaminación por agroquímicos.
E) promueve una mejor capacidad de adaptación a largo plazo.

Lumbreras Editores

Resolución:

La erosión genética es la pérdida gradual de la diversidad genética entre las poblaciones de una misma especie. Esta situación tiene sus principales causas en el mejoramiento genético vegetal, logrando variedades mejoradas y económicamente más rentables que han reemplazado a las poblaciones nativas o tradicionales. También es de gran impacto el cambio de patrones de consumo, incentivo del consumo de especies introducidas como el trigo (harinas) y arroz, dejando de lado especies nativas como la kiwicha y la quinua, más nutritivas y adaptadas a los Andes.

Clave B

Pregunta 7

La reducción de las poblaciones de vicuña hasta la década de los 70 tuvo como causa fundamental

I. la caza indiscriminada.
II. entrega a las comunidades campesinas.
III. su matanza competencia con el ganado doméstico.
IV. reducción de humedales altoandinos.

A) solo I B) I y II C) I y III
D) I, II y III E) I, II, III y IV

Resolución

En el año 1964 quedaban en el Perú entre 5000 y 10 000 vicuñas debido a la caza por su valiosa fibra y a su matanza por considerarlas competencia con el ganado doméstico económicamente más rentables. En 1966, el Ministerio de Agricultura establece la Reserva Nacional Pampa Galeras en Ayacucho, y en 1991 el Gobierno peruano le entregó a las comunidades campesinas la custodia y el usufructo de las vicuñas que habitaban en sus tierras.

Clave C

Pregunta 8

Señale el ave del bosque seco del noroeste que se encuentra protegida debido a su carácter endémico.

A) gallito de las rocas
B) condor andino
C) pava aliblanca
D) zambullidor de Junín
E) parihuana

Resolución

La pava aliblanca (*Penelope albipennis*) habita el bosque seco de las laderas andinas en Lambayeque, Cajamarca y Piura. Se creía un ave extinta, pero fue redescubierta en 1977, declarada especie en peligro de extinción y se creó la zona reservada de Laquipampa para su protección.

Clave C

Pregunta 9

El DDT es un plaguicida bioacumulable, su mayor efecto nocivo se manifestará en los

A) productores.
B) consumidores primarios.
C) consumidores secundarios.
D) consumidores terciarios.
E) desintegradores.

Resolución

El DDT, debido a su carácter bioacumulable, al ser incorporado a la cadena alimenticia, desencadena un proceso de biomagnificación, haciendo que dicha sustancia tenga una mayor concentración en niveles tróficos superiores, como en los consumidores terciarios.

Clave D

Lumbreras Editores

Preguntas propuestas

1. Cuando las sustancias toxicas, en el medio ambiente, se encuentran en cantidades capaces de producir efectos nocivos para la salud se denomina

   A) erosión.
   B) deforestación.
   C) polución.
   D) reducción.
   E) biocenosis.

2. La capa de ozono que regula el paso de los rayos ultravioleta se encuentra ubicada en la

   A) tropósfera.
   B) estratósfera.
   C) mesósfera.
   D) ionósfera.
   E) termósfera.

3. Determine el principal responsable de los problemas de agotamiento de ozono atmosférico.

   A) dióxido de carbono
   B) mercurio
   C) aluminio
   D) clorofluorocarbono
   E) detergente

4. La lluvia ácida se forma cuando la humedad en el aire se combina con gases emitidos por fábricas, centrales eléctricas y vehículos combustionan carbón o productos derivados del petróleo. Entre los efectos de este fenómeno destacan el deterioro de la calidad de los suelos y de la vegetación. Los contaminantes primarios asociados a la lluvia ácida comprenden a

   A) dióxido de carbono y metano.
   B) nitratos y fosfatos.
   C) óxidos de azufre y nitrógeno.
   D) clorofluorocarbonos.
   E) radiaciones de alta energía.

Lea atentamente, y a continuación responda las preguntas 5 y 6.

La principal amenaza que está diezmando las poblaciones de jaguares es la deforestación del Amazonas para obtener nuevas tierras de cultivos. La destrucción acelerada de su hábitat natural hace que el jaguar tenga más dificultades para cazar y para reproducirse, lo que a su vez contribuye a que las poblaciones de jaguares se vean todavía más diezmadas. Si la condición actual continúa, la especie será considerada en vías de extinción.

5. A la reducción poblacional de jaguares debido a la deforestación del Amazonas, habría que incluir

   A) a la introducción de especies foráneas.
   B) a la lluvia acida.
   C) a la caza furtiva.
   D) al sobrepastoreo.
   E) a la contaminación por derrame de petróleo.

6. Determine la categoría en que se encuentra actualmente la especie amenazada.

   A) situación indeterminada
   B) en vías de extinción
   C) en situación vulnerable
   D) en situación rara
   E) extinta en el Perú

Lumbreras Editores

7. Los pesticidas organoclorados, usados en la agricultura, contaminan el agua, entran a la cadena alimenticia y se acumulan en el tejido ..... de los animales

A) adiposo B) conjuntivo C) epitelial
D) muscular E) óseo

8. ¿Qué sucedería con la vegetación si la concentración del CO_2 en el aire se incrementa muchas veces, debido al excesivo uso de hidrocarburos como combustible?

A) Mejoraría la tasa fotosintética de la vegetación.
B) Mejoraría la fotosíntesis, pero solo hasta un límite y nada más.
C) Sería perjudicial porque asfixiaría las plantas.
D) La agricultura se vería perjudicada porque habría mejor rendimiento de cosechas.
E) No pasaría nada, ya que el mayor efecto es sobre los animales.

9. La contaminación con ..... envenena la cadena trófica y se acumula en el tejido adiposo de los animales.

A) detergentes alcalinos
B) petróleo crudo
C) pesticidas organoclorados
D) alcoholes primarios
E) partículas radiactivas

10. Determine las especies en peligro de extinción en bosques andinos debido a la deforestación.

A) algarrobo y cedro.
B) hualtaco y guayacán.
C) tornillo y algarrobo.
D) queñoa y quishuar.
E) cedro y lupuna.

11. Respecto a la introducción de pinos u otras especies de árboles de crecimiento rápido en áreas deforestadas, indique los enunciados correctos.

I. Disminuyen la calidad de los suelos de las áreas deforestadas.
II. No tienen el desarrollo complejo que poseen los bosques nativos.
III. La biodiversidad presente en ellas es mayor que en un bosque nativo.

A) solo I B) solo II C) I y II
D) I y III E) II y III

12. ¿Cuáles de las siguientes alternativas no es considerada consecuencia de reforestar nuestra Sierra y Selva con especies arbóreas foráneas como eucalipto, pino, ciprés y abeto?

A) Incremento de la erosión genética de especies nativas.
B) Degradación de suelos, especialmente con el eucalipto.
C) Ausencia de interacciones con otras especies de flora y fauna.
D) Alta rentabilidad para quienes propagan estas especies.
E) Incremento de la biodiversidad en ecosistemas nativos.

13. Un manejo inadecuado de la extracción ha conducido a que grandes poblaciones de anchoveta y concha de abanico se reduzcan drásticamente; estos son ejemplos evidentes de

A) captura extensiva selectiva.
B) explotación excesiva del recurso.
C) explotación sostenible.
D) captura de poblaciones juveniles.
E) aprovechamiento discriminado.

Lumbreras Editores

14. Para contrarrestar la reducción de la base genética de los cultivos, la diversidad genética de especies vegetales silvestres o cultivadas se puede conservar mediante el establecimiento de

A) monocultivos.
B) control biológico de plagas.
C) banco de germoplasma.
D) cultivos en pendiente.
E) rotación de cultivos.

15. Señale la relación correcta sobre las acciones humanas sobre el ecosistema.

I. Tiene un impacto en el cambio climático global.
II. Tiene consecuencias a nivel de las comunidades naturales.
III. Tiene un impacto a nivel de las poblaciones nativas.

a. Quema de combustible por vehículos e industrias.
b. Construcción de una represa en un río.
c. Introducción de especies foráneas en una reserva nacional.

A) Ib, IIa, IIIc
B) Ic, IIb, IIIa
C) Ia, IIc, IIIb
D) Ic, IIa, IIIb
E) Ia, IIb, IIIc

16. La ..... es un grave peligro para la vida en los bosques, esta se produce debido al incremento del ..... en la atmósfera.

A) eutrofización - N
B) erosión - NH_3
C) deforestación - CO_2
D) desertización - H_2O
E) lluvia ácida - SO_2

17. El cocodrilo de Tumbes es un animal que presenta una población muy reducida, en la actualidad es considerado en

A) peligro de extinción.
B) situación vulnerable.
C) vías de extinción.
D) situación rara.
E) situación indeterminada.

18. La pérdida de la biodiversidad en ecosistemas marinos llevó al peligro de extinción por sobrepesca a especies como la anchoveta, la cual era especie clave en los ecosistemas debido

A) su nivel trófico de productor.
B) su resistencia frente a procesos de contaminación marina.
C) ser el sostén alimenticio de numerosas especies en el ecosistema.
D) su rol depredador en el ecosistema marino peruano.
E) ser el principal desintegrador del ecosistema.

19. En ecosistemas de bosque tropical de nuestro país, la principal causa de la pérdida de biodiversidad corresponde a la

A) contaminación de las aguas.
B) destrucción o fragmentación de hábitats.
C) sobrecaptura de especies para su comercialización.
D) descarga de efluentes ácidos de actividades mineras.
E) contaminación de fuentes de agua en cabecera de cuenca.

Lumbreras Editores

CAPÍTULO XXVII

CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS

Objetivos

- Comprender la gestión y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales como pilares del desarrollo socioeconómico.
- Identificar propuestas que permitan mejorar las condiciones de vida del hombre acorde al desarrollo de la humanidad.
- Comprender el rol de las áreas naturales protegidas en la conservación de la biodiversidad.

Introducción

La conservación de los recursos naturales y los ecosistemas se enmarca dentro de la gestión ambiental, la cual implica una serie de actividades y políticas dirigidas a manejar de forma integral el medio ambiente de un territorio dado y así contribuir con sus desarrollos sostenibles.

La gestión ambiental se encuentra dividida en diversas áreas esenciales: la política ambiental, que implica una serie de acciones políticas destinadas a lograr un desarrollo sustentable; el ordenamiento territorial que se encarga de distribuir las actividades y usos del terreno de acuerdo a las características de cada uno; la evaluación del impacto ambiental para proponer planes y programas para corregir problemas, la prevención y mitigación de los efectos de la contaminación ambiental; la conservación de la biodiversidad en todos sus niveles; la conservación de los paisajes integrando los factores biológicos, estéticos y culturales del medio ambiente; y finalmente, la educación ambiental que procura concientizar al hombre en la necesidad de cuidar el ambiente para mejorar sus propias condiciones de vida.

En el último siglo, la degradación y destrucción de muchos ecosistemas en el mundo ha acelerado la crisis ambiental manifestándose como en la disminución de producción de agua y de la fijación de CO_2, alteración de los ciclos de materia, reducción de la productividad del suelo y biodiversidad, etc. Las tasas de destrucción de todos los ecosistemas continúan ocurriendo apresuradamente, debido a prácticas agrícolas, ganaderas, industriales y de explotación no sostenibles. Ante esa situación, el manejo de ecosistemas a través de conservación y restauración ecológica toma fuerza cada día como la solución para revertir procesos de degradación de ecosistemas y pérdida acelerada de biodiversidad. Ya no basta conservar y proteger áreas representativas, sino que se debe aprender a restaurar paisajes, ecosistemas, comunidades y poblaciones de plantas y animales.

1▸ Relación hombre - naturaleza

La concepción predominante durante los últimos cuatro siglos, acerca de la relación entre el hombre y la naturaleza, ha sido considerar que los hombres civilizados estamos fuera de la naturaleza y que no nos afectan sus leyes, que el éxito de la humanidad se basa en el control y el dominio de la naturaleza y que la Tierra tiene una ilimitada cantidad de recursos a disposición de los humanos. Pero este sistema económico basado en la máxima producción, el consumo, la explotación ilimitada de recursos y el beneficio económico como único criterio de la buena marcha económica ha demostrado ser insostenible.

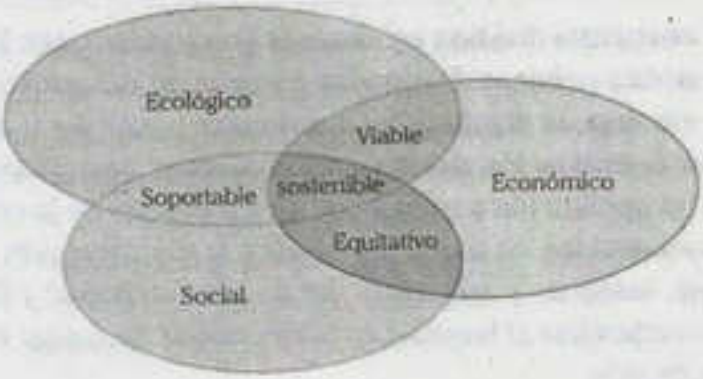
2▸ Desarrollo sostenible

Se denomina desarrollo sostenible al "desarrollo que asegura las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para enfrentarse a sus propias necesidades". (Comisión Mundial sobre Ambiente y Desarrollo, 1987)

La justificación del desarrollo sostenible proviene de la determinación de que una creciente actividad productiva, sin más criterio que el económico, produce el agotamiento de los recursos, en consecuencia, los graves problemas ambientales tanto a escala local como planetaria pueden llegar a ser irreversibles.

2.1. COMPONENTES DEL DESARROLLO SOSTENIBLE

Los tres componentes del desarrollo sostenible, el desarrollo económico, el desarrollo social y la protección del medio ambiente, son los pilares interdependientes que se refuerzan mutuamente y deben estar en equilibrio.



2.2. MANEJO SOSTENIBLE DE RECURSOS NATURALES

Se refiere a las diversas formas de aprovechamiento planificado de los recursos naturales. El manejo sostenible o racional de los recursos naturales es el uso o aprovechamiento responsable, el cual se caracteriza por lo siguiente:

- Los recursos renovables no deben ser usados a un ritmo superior al de su regeneración. Por ejemplo, la extracción forestal debe ir acompañada de un proceso de reforestación.
- Ningún contaminante deberá producirse a un ritmo superior al que pueda ser reciclado, neutralizado o absorbido por el medio ambiente.
- El uso de recursos no renovables deberá ser sustituido por el uso sostenible de un recurso renovable. Por ejemplo, el reemplazo progresivo de combustibles fósiles por fuentes de energía alternativas.

3▸ Conservación y protección

La conservación es el aprovechamiento del recurso sin agotarlo; por ejemplo, esquilar vicuñas para el aprovechamiento del hombre, pero con la cantidad y por el tiempo adecuado. Esta se presenta de dos modos:

La conservación *ex situ* se entiende como la conservación de componentes de la diversidad biológica fuera de sus hábitats naturales. Mientras que la conservación *in situ* se entiende como la conservación de los ecosistemas y los hábitats naturales, el mantenimiento y la recuperación de poblaciones viables de especies en sus entornos naturales y, en el caso de las especies domesticadas y cultivadas, en los entornos en que hayan desarrollado sus propiedades específicas.

La protección se refiere a no usar un recurso que está en vías de agotamiento. Por ejemplo, la puya Raymondi y el maquisapa son especies protegidas, pues sus poblaciones se encuentran amenazadas.

4▸ Restitución del equilibrio ecológico

4.1. Restauración de ecosistemas

Un ecosistema está organizado de manera tal que, al cambiar un componente, se comprometen el funcionamiento de todo el ecosistema y la dinámica de los ecosistemas les permite recuperarse por sí solos en un proceso de sucesión ecológico; sin embargo, cuando los ecosistemas están muy degradados o destruidos es necesario asistirlos activamente. A este proceso de asistir la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido, se le denomina restauración ecológica, que comprende la reforestación con plantas nativas y la reintroducción de especies.

4.2. Rehabilitación de ecosistemas

Cuando los ecosistemas afectados se encuentran tan deteriorados que es difícil su restauración, se pueden emprender procesos como la rehabilitación para recuperar su función ecosistémica, sin necesidad de restablecer el ecosistema original, por lo cual contempla, entre otros, el reemplazo de especies nativas. Por ejemplo, el reemplazo de especies en el proceso de reforestación y procesos de biorremediación para rehabilitar el funcionamiento de los suelos.

5▸ Convenios para preservar el ambiente

•Nuestro país ha firmado y ratificado varios tratados internacionales, referentes al medio ambiente, los recursos naturales y la conservación del patrimonio cultural.

El Convenio de Viena para la protección de la capa de ozono (1985) actúa como marco de los esfuerzos internacionales. Este convenio condujo a la firma del Protocolo de Montreal (1987) donde se establecen normas para prohibir o limitar el uso de sustancias que afectan la estabilidad de la capa de ozono.

En 1992 se llevó a cabo en Río de Janeiro, Brasil, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre medio ambiente y desarrollo, también conocida como la "Cumbre de la Tierra". En ella se estableció una Comisión para el Desarrollo Sostenible, cuyo resultado final fue un documento titulado Agenda 21, en el que se define una estrategia general de desarrollo sostenible a nivel mundial, nacional y local. En dicha reunión también se suscribieron tres convenios en materia de protección ambiental.

5.1. CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO

Afirma la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero que condujo a la firma, del Protocolo de Kyoto (1997) y del acuerdo de París (2015).

5.2. CONVENIO SOBRE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA (CDB)

Es el acuerdo enfocado en la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad, con una participación justa y equitativa de los beneficios derivados de su uso, entre los países ricos (investigadores y transformadores) y los pobres (suministradores de diversidad biológica).

5.3. DECLARACIÓN DE PRINCIPIOS SOBRE LOS BOSQUES

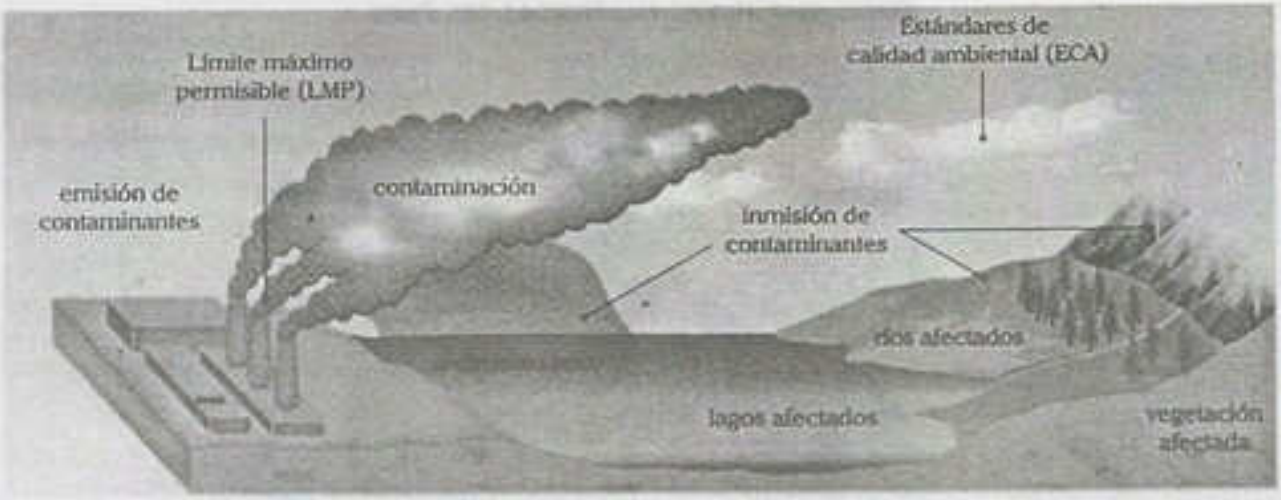
Es el consenso mundial para orientar la gestión, la conservación y el desarrollo sostenible de los bosques, esenciales para el desarrollo económico y para la preservación de todas las formas de vida.

El uso racional de los ecosistemas de humedales que permita mantener sus características ecológicas motivó firmar variados convenios, como la Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional, especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas, (RAMSAR 1971), que se refiere al compromiso internacional de proteger sitios húmedos que son usados por aves migratorias para refugio y descanso.

6▸ GESTIÓN AMBIENTAL

Es el conjunto de decisiones y acciones para hacer cumplir la política nacional ambiental y las normas ambientales que rigen el país, para ello se requieren los siguientes instrumentos de gestión ambiental:

- **Planificación y ordenamiento territorial**
  Proceso de anticipación y toma de decisiones relacionadas con las acciones futuras en el territorio, toma en cuenta aspectos económicos, sociales y ambientales. Tiene por finalidad racionalizar las intervenciones sobre el territorio y orientar su conservación y aprovechamiento sostenible.
- **Estudios de impacto ambiental (EIA)**
  Describen una actividad y sus efectos directos o indirectos previsibles en el medio ambiente físico y social, a corto y largo plazo. Indican también las medidas necesarias para evitar o reducir el daño a niveles tolerables.
- **Estándar de calidad ambiental (ECA)**
  Es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Se expresa en máximos, mínimos o rangos.
- **Límites máximos permisibles (LMP)**
  Es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Se expresa en máximos, mínimos o rangos.



Los LMP permiten el monitoreo y control de agentes físicos, químicos y biológicos en las emisiones o efluentes, mientras los ECA permiten el monitoreo y control de sus niveles ambientales en agua, aire y suelo.

- **Establecimiento de áreas naturales protegidas**
  Las áreas naturales protegidas (ANP) son los espacios continentales y/o marinos del territorio nacional, expresamente reconocidos, establecidos y protegidos legalmente por el Estado, debido a su importancia para conservar la diversidad biológica y demás valores asociados de interés cultural, paisajístico y científico, así como por su contribución al desarrollo sostenible del país.

7▸ ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

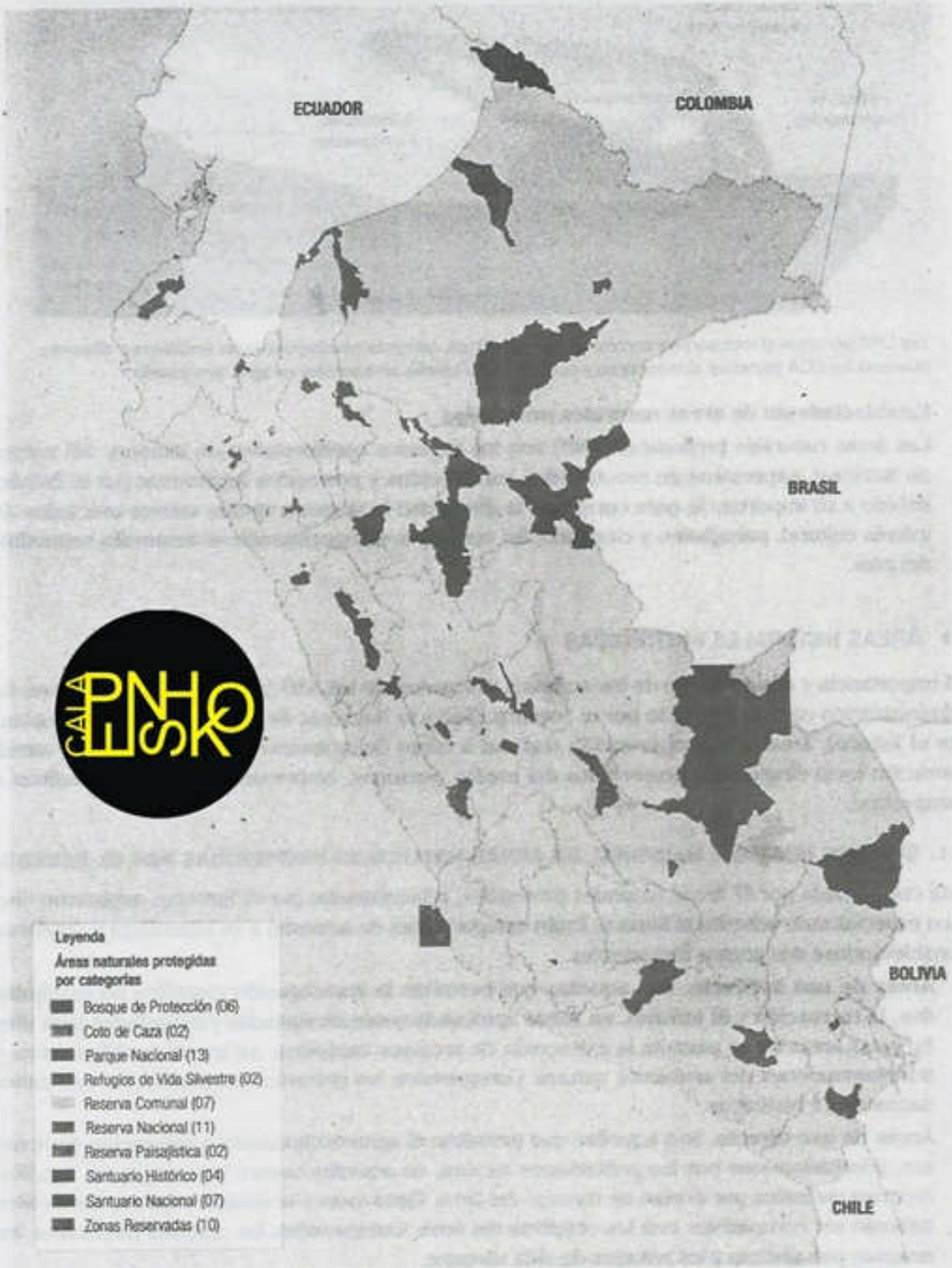
La importancia y el significado de los atributos y alcances de las ANP permiten distinguir áreas de administración nacional dirigido por el Sernanp (Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado), áreas de administración regional a cargo del gobierno regional y áreas de administración local dirigido por propietarios del predio, personas, empresas, comunidades nativas o campesinas.

7.1. SINANPE (SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS POR EL ESTADO)

Está conformada por 67 áreas naturales protegidas, administradas por el Sernanp, organismo técnico especializado adscrito al Minam. Están categorizadas de acuerdo a su naturaleza y objetivos, considerándose dos grupos importantes.

- **Áreas de uso indirecto.** Son aquellas que permiten la investigación científica no manipulativa, la recreación y el turismo, en zonas apropiadamente designadas y manejadas para ello. En estas áreas no se permite la extracción de recursos naturales, así como modificaciones y transformaciones del ambiente natural. Comprenden los parques nacionales, los santuarios nacionales e históricos.
- **Áreas de uso directo.** Son aquellas que permiten el aprovechamiento o extracción de recursos, prioritariamente por las poblaciones locales, en aquellas zonas, lugares y para aquellos recursos definidos por el plan de manejo del área. Otros usos y actividades que se desarrollen deberán ser compatibles con los objetivos del área. Comprenden las reservas nacionales, las reservas paisajísticas y los refugios de vida silvestre.

Áreas naturales protegidas del Perú



7.2. CATEGORIAS DEL SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

7.2.1. Parques nacionales

Áreas que constituyen muestras representativas de la diversidad natural del país y de sus grandes unidades ecológicas. En ellos se protege con carácter intangible la integridad ecológica de uno o más ecosistemas, las asociaciones de la flora y fauna silvestre, los procesos sucesionales y evolutivos, así como otras características, paisajísticas y culturales que resulten asociadas.

Parque nacional	Ubicación	Protege
Cutervo	Cajamarca	cueva de Guácharos, flora, fauna y bellezas escénicas de la Cordillera de Tarros
Tingo María	Huánuco	flora, fauna silvestre, belleza escénica de la Bella Durmiente y Cueva de las Lechuzas
Manu	Cusco y Madre de Dios	flora, fauna y bellezas escénicas del suroriente
Huascarán	Áncash	flora, fauna, formaciones geológicas y bellezas escénicas de la Cordillera Blanca.
Cerros de Amotape	Tumbes y Piura	la muestra representativa del Bosque Seco del noroeste del Perú
Río Abiseo	San Martín	el bosque de neblina y conservar el mono choro de cola amarilla
Yanachaga-Chemillén	Pasco	ecosistemas de las vertientes orientales de los Andes hasta la Selva Baja
Bahuaja-Sonene	Madre de Dios y Puno	flora y fauna de Sabana de Palmeras, ciervo de los pantanos y el lobo de crin
Cordillera Azul	San Martín, Loreto, Ucayali y Huánuco	hábitats como los pantanos de altura, bosques esponjosos y bosquecillos enanos, lagos aislados, arroyos y riachuelos de altura
Otishi	Cusco y Junín	estabilidad e integridad de los suelos y el agua de las cuencas de los ríos Ene, Tambo Urubamba y la Cordillera de Vilcabamba
Ichigkat-Coordillera del Cóndor	Amazonas	el más reciente, ecorregión de los bosques montanos de la Cordillera Real Oriental
Sierra del Divisor	Loreto-Ucayali	biodiversidad del río Yaguas y su fauna ictiológica de importancia para comunidades nativas
Yaguas	Loreto	única región montañosa en Selva Baja y grupos indígenas en aislamiento voluntario

Parque Nacional Huascarán

Parque Nacional Sierra del Divisor

7.2.2. Santuarios nacionales

Áreas donde se protege con carácter intangible el hábitat de una especie o una comunidad de la flora y fauna, así como las formaciones naturales de interés científico y paisajístico.

Santuario nacional	Ubicación	Protege
Huayllay	Pasco	formaciones geológicas del bosque de piedras de Huayllay; así como la flora y fauna nativa
Calipuy	La Libertad	el rodal más denso de la puya de Raimondi
Pampas del Heath	Madre de Dios	flora y fauna de la Sabana de Palmeras: lobo de crin y ciervo de los pantanos
Lagunas de Mejía	Arequipa	avifauna migratoria y humedales costeros
Ampay	Apurímac	bosque relicto de Intimpa (*Podocarpus sp.*) y asociaciones de fauna silvestre
Manglares de Tumbes	Tumbes	bosque de manglar, así como la fauna de invertebrados acuáticos
Tabaconas-Namballe	Cajamarca	flora y fauna de Páramo: el oso de anteojos y el tapir de altura o pinchaque
Megantoni	Cusco	diez zonas de vida que albergan bosques intactos, alberga a la comunidad Machiguenga
Cordillera de Colán	Amazonas	flora y fauna de bosques de neblina

Santuario Nacional de Huayllay

Santuario Nacional Manglares de Tumbes

7.2.3. Santuarios históricos

Áreas que protegen con carácter de intangible espacios que contienen valores naturales relevantes y constituyen el entorno de sitios de especial significación nacional, por contener muestras del patrimonio monumental y arqueológico o por ser lugares donde se desarrollaron hechos sobresalientes de la historia del país.

Santuario histórico	Ubicación	Protege
Chacamarca	Junín	escenario de la batalla de Junín y los restos arqueológicos de la cultura Pumpush
Pampa de Ayacucho	Ayacucho	escenario de la batalla de Ayacucho, manifestaciones culturales y artesanales de poblaciones aledañas
Machu Picchu	Cusco	flora, fauna, formaciones geológicas, bellezas paisajísticas y restos arqueológicos incaicos
Bosque de Pómac	Lambayeque	bosques de algarrobos y otras especies arbóreas típicas de la Costa norte del Perú; así como proteger los restos arqueológicos de la cultura Mochica

Santuario Histórico Bosque de Pómac

Santuario Histórico de Machu Picchu

7.2.4. Reservas nacionales

Áreas destinadas a la conservación de la diversidad biológica y la utilización sostenible de los recursos de flora y fauna silvestre, acuática o terrestre. En ellas se permite el aprovechamiento comercial de los recursos naturales bajo planes de manejo, aprobados, supervisados y controlados por la autoridad nacional competente.

Reserva nacional	Ubicación	Protege y/o conserva
Pampa Galeras	Ayacucho	poblaciones de vicuñas
Junín	Junín y Pasco	flora, fauna y bellezas escénicas del lago de Junín, fomentar la utilización racional de aves,ranas y totoras
Paracas	Ica	ecosistemas marinos, poblaciones de lobos marinos, proteger el patrimonio cultural e histórico
Lachay	Lima - Chancay	formación de lomas de la Costa central, así como la flora y fauna características
Titicaca	Puno	flora, fauna y bellezas escénicas del lago Titicaca, mantener las tradiciones culturales y el uso racinal de los recursos de las poblaciones aledañas al lago
Salinas y Aguada Blanca	Arequipa y Moquegua	áreas relictos de poblaciones silvestres de guanacos
Calipuy	La Libertad	áreas relictos de poblaciones silvestres de guanacos, flora, fauna y las formaciones geológicas de la región
Pacaya-Samiria	Loreto	flora y fauna representativa de Selva Baja, uso racional de la fauna silvestre: paiche
Tambopata	Madre de Dios	flora y fauna silvestre, así como la belleza paisajística de la Selva suroriental
Allpahuayo-Mishana	Loreto	integridad geográfica y los valores naturales y estéticos de un área aledaña al río Nanay y a la comunidad de Mishana
Tumbes	Tumbes	conservar muestras representativas del Bosque Seco Ecuatorial y del Bosque Tropical del Pacífico.
Matsés	Loreto	conservar recursos de flora y fauna, proteger la herencia cultural Matsés
Sistemas de Islas, Islotes y Puntas Guaneras	mar peruano	proteger fauna de aves guaneras y poblaciones de lobos de mar
Pucacuro	Loreto	bosques húmedos del Napo

Reserva Nacional Pampa Galeras

Reserva Nacional Pacaya-Samiria

7.2.5. Refugios de vida silvestre

Áreas donde se requieren intervención activa con fines de manejo para garantizar el mantenimiento de los hábitats, así como para satisfacer las necesidades particulares de especies determinadas, así como sitios de reproducción y otros sitios críticos para recuperar o mantener las poblaciones de tales especies.

Refugio de vida silvestre	Ubicación	Objetivos
Pantanos de villa	Lima	proteger la flora y fauna típica de los ecosistemas humedal costero, así como todas las especies migratorias
Laquipampa	Lambayeque	preservar la especie pava aliblanca que se encuentra en peligro de extinción, así como todas las especies de flora y fauna asociados a su hábitat

Refugio de vida silvestre Pantanos de Villa

Refugio de vida silvestre Laquipampa

7.2.6. Reservas paisajísticas

Áreas donde se protegen ambientes cuya integridad geográfica muestra una armoniosa relación entre el hombre y la naturaleza, albergando importantes valores naturales, estéticos y culturales.

7.2.7. Reservas comunales

Áreas destinadas a la conservación de la flora y fauna silvestre, en beneficio de las poblaciones rurales vecinas. El uso y comercialización de recursos se hará bajo planes de manejo, aprobados y supervisados por la autoridad y conducidos por los mismos beneficiarios. Pueden ser establecidas sobre suelos de capacidad de uso mayor agrícola, pecuario, forestal o de protección y sobre humedades.

7.2.8. Bosques de protección

Áreas que se establecen con el objeto de garantizar la protección de las cuencas altas o colectoras, las riberas de los ríos y de otros cursos de agua y en general, para proteger contra la erosión a las tierras frágiles que así lo requieran. En ellos se permite el uso de recursos y el desarrollo de aquellas actividades que no pongan en riesgo la cobertura vegetal del área.

7.2.9. Cotos de caza

Áreas destinadas al aprovechamiento de la fauna silvestre a través de la práctica regulada de la caza deportiva.

7.2.10. Zona reservada

Espacio reservado para la conservación de la diversidad biológica y que requiere estudios complementarios para definir la extensión y categoría que le correspondería como área protegida. En la práctica, la mayoría de ANP establecidas en los últimos 15 años pasaron por un periodo previo como zonas reservadas.

Categoría	Área protegida	Ubicación
Reserva paisajística	Nor Yauyos Cochas	Limá y Junín
	Subcuenca del Cotahuasi	Arequipa
Reservas comunales	Yanesha	Pasco
	El Sira	Pasco, Huánuco y Ucayali
	Amarakaeri	Madre de Dios y Cusco
	Ashaninka	Junín y Cuco
	Machiguenga	Cusco
	Purus	Ucayali
	Tuntanain	Madre de Dios
	Chayu Nain	Amazonas
Bosques de protección	Canal Nuevo imperial	Lima
	Pui-Pui	Junín
	Pagaibamba	Cajamarca
	Altomayo (más extenso)	San Martín
Cotos de caza	El Angolo	Piura
	Sunchubamba	Cajamarca
Zona reservada	Río Rímac	Lima
	Cordillera Huayhuash	Áncash, Huánuco y Lima
	Santiago-Comaina	Amazonas y Loreto
	Chancay baños	Cajamarca
	Guepi	Loreto
	Aymara-Lupaca	Puno
	humedales de Puerto Viejo	Lima
	Lomas de Ancón	Lima
	Bosque de Zárate	Lima

8▸ Reserva de biósfera

Las reservas de biósfera son una categorización de áreas protegidas que la Unesco (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura) reconoce como muestra respresentativa de lo que la naturaleza ofrece a los pueblos residentes en las zonas aledañas. Este tipo de áreas están conformadas tanto por áreas naturales protegidas, como por las sociedades ligadas directa o indirectamente a ellas. Tienen una zona núcleo, en donde se protege la diversidad de especies propias de este ecosistema, una zona de amortiguamiento, donde se realizan actividades extractivas ecológicamente sostenibles y una zona de transición, donde se desarrollan actividades productivas que se benefician por la potencialidad de recursos y calidad ambiental que ofrece la naturaleza.

Reserva de biosfera	Áreas naturales protegidas incluidas	Ubicación	Conserva y protege
Huascarán (1977)	Parque Nacional Huascarán	Áncash	biodiversidad de la cordillera tropical más alta del mundo
Manu (1977)	Parque Nacional del Manu	Madre de Dios y Cusco	biodiversidad de una de las más importantes y representativas de las áreas protegidas en los neotrópicos
Noroeste (1977)	Parque Nacional Cerros de Amotape y Zona Reservada de Tumbes	Tumbes y Piura	dos ecorregiones únicas en el país y en el mundo: Bosque Seco Ecuatorial y Bosque Tropical del Pacífico
Oxapampa-Asháninka-Yanesha (2010)	Parque Nacional Yanachaga Chemillén, reservas comunales Yánesha y El Sira	Pasco	ecorregiones muy diversas y espacios de comunidades nativas

9▸ Corredor ecológico

Es la conexión entre áreas protegidas con una biodiversidad importante, con el fin de contrarrestar la fragmentación de los hábitats, manteniendo la diversidad biológica y los procesos ecológicos, favoreciendo la migración y la dispersión de especies de flora y fauna silvestres.

Los corredores constituyen una de las estrategias posibles para mitigar los impactos causados en los hábitats naturales por actividades industriales como la agricultura, la urbanización y las obras de infraestructura, tales como las carreteras, líneas de trasmisión y represas.

Bacterias contra plaguicidas

Investigadores del Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología y el departamento de Microbiología y Parasitología de la Universidad de Sevilla han desarrollado un producto a partir de un conjunto de microorganismos del propio suelo que permite la eliminación del diurón en menos de seis meses. Este herbicida, aunque ya prohibido, ha sido muy utilizado en cultivos y es el responsable de la contaminación de terrenos en la actualidad.

Esta fórmula creada está basada en los denominados consorcios bacterianos degradadores, que son asociaciones de dos o más especies de microorganismos que actúan como una comunidad. Previamente aislados de los diferentes suelos agrícolas, no solo los han caracterizado como atenuantes específicos del contaminante, sino que además han determinado su eficiencia debido a la capacidad para transformar el herbicida en minerales, lo que implica su completa eliminación sin dejar residuos.

En un estudio publicado en la revista *Chemosphere*, los investigadores describen la técnica de biorrecuperación aplicada a través de diferentes ensayos, empleando consorcios bacterianos degradadores y ciclodextrina, una sustancia que se obtiene a partir del almidón. Cuando los organismos vivos utilicen el diurón como alimento, lo transformarán en dióxido de carbono, agua y sales minerales.

Los microorganismos son capaces de adaptarse a cualquier fuente de carbono, es decir, podrían llegar a asimilar cualquier compuesto orgánico y emplearlo como nutriente para obtener a partir de él la energía suficiente para su desarrollo. Esta versatilidad metabólica los convierte en perfectos candidatos a degradadores potenciales de contaminantes orgánicos presentes en suelos y aguas. Los investigadores han observado la capacidad de eliminación del diurón utilizando distintas asociaciones de estas bacterias presentes en los mismos suelos de manera natural. Este trabajo ha determinado cuál es el consorcio más idóneo para aplicar contra el herbicida y lograr su eliminación *in situ*, es decir, en el propio terreno afectado.

Esta técnica se aplica también de forma efectiva para la eliminación de contaminantes orgánicos presentes en los lodos procedentes de depuradoras de aguas y que se consideran cómo emergentes.

Adaptado de <https://www.agenciasinc.es/>.

Preguntas resueltas

Pregunta 1

Los recursos naturales renovables pueden ser denominados verdaderos cuando

A) se reciclan permanentemente.
B) nunca se agotan.
C) se agotan en muy largo plazo.
D) pueden convertirse en no renovables.
E) se regeneran por reproducción.

Resolución

Los recursos renovables son aquellos que con una gestión adecuada se regeneran a la misma velocidad o mayor de la que se consumen. Son denominados verdaderos cuando su cantidad fluctua y se regeneran mediante procesos de reproducción, por ejemplo, la flora y fauna.

Clave

Pregunta 2

En el desarrollo sustentable, el concepto de conservación de los recursos naturales considera

A) el uso irracional de los recursos naturales.
B) la intangibilidad de los recursos.
C) el uso racional de los recursos naturales.
D) políticas proteccionistas.
E) el uso exclusivo de los recursos renovables.

Resolución

El concepto de conservación ha evolucionado desde una idea netamente proteccionista como el de intangibilidad hasta conservar el recurso mediante su uso racional, lo cual involucra mantener los procesos ecológicos esenciales, preservando la diversidad genética y aprovechando en forma sostenida las especies y ecosistemas.

Clave C

Pregunta 3

El Ministerio del Ambiente promueve la creación y la administración de las ANP para la conservación, el aprovechamiento sostenible y la recuperación de los recursos naturales. Indique la oficina adscrita al Minam encargada de administrar las ANP.

A) Oefa
B) Imarpe
C) Semanp
D) Inrena
E) Sinanpe

Resolución

El Sinanpe está conformada por 67 áreas naturales protegidas administradas por el Semanp, que es un organismo técnico especializado adscrito al Ministerio del Ambiente.

Clave C

Pregunta 4

Respecto a los objetivos del establecimiento de las áreas naturales protegidas, determine los enunciados correctos.

I. proteger y conservar distintos tipos de comunidad natural, paisajes y formas fisiográficas
II. evitar la extinción de especies de flora y fauna
III. manejo sostenible de los recursos de flora y fauna

A) solo I
B) solo II
C) solo III
D) I y II
E) I, II y III

Lumbreras Editores

Resolución

Según el reglamento de las áreas naturales protegidas, entre sus objetivos fundamentales destacan los siguientes: asegurar la continuidad de los procesos ecológicos y evolutivos en áreas representativas de cada una de las unidades ecológicas del país; evitar la extinción de especies de flora y fauna silvestre, en especial aquellas de distribución restringida o amenazadas; por último, mantener y manejar los recursos de la flora silvestre, de modo que aseguren una producción estable y sostenible.

Clave E

Pregunta 5

El 2016 se estableció el área natural protegida denominada Yaguas con el objetivo de conservar la diversidad biológica, los procesos ecológicos y las formaciones geológicas existentes en la cuenca del río del mismo nombre, en la región Loreto; además por representar una importante fuente de fauna ictiológica para las poblaciones y comunidades nativas asentadas en la cuenca media y baja del río Putumayo y en la cuenca del río Ampiyacu; y por su contribución a mitigar los efectos del cambio climático a escala global.

Por su gran extensión y su gran diversidad de hábitats, esta área natural protegida está categorizada como

A) reserva nacional.
B) parque nacional.
C) santuario nacional.
D) santuario histórico.
E) zona reservada.

Resolución

Los parques nacionales son áreas que constituyen muestras representativas de la diversidad natural del país y de sus grandes unidades ecológicas, en ellos se protege con carácter intangible la integridad ecológica de uno o más ecosistemas, las asociaciones de la flora y fauna silvestre y los procesos sucesionales y evolutivos, así como otras características, paisajísticas y culturales que resulten asociadas.

Clave B

Pregunta 6

El área natural protegida donde se conservan poblaciones de mono choro de cola amarilla es

A) el Parque Nacional del Manu.
B) el Santuario Nacional Manglares de Tumbes.
C) la Reserva Nacional Pampas Galeras.
D) el Parque Nacional Río Abiseo.
E) la Reserva Nacional Pacaya-Samiria.

Resolución

El Parque Nacional Río Abiseo pertenece a la gran cuenca del Huallaga y está ubicado en la región San Martín. Su paisaje es típico de las vertientes orientales andinas, en ella se aprecian bosque de lluvias de montaña, bosque de neblina, bosque enano y pajonales altoandinos. Su creación en 1983 tuvo los siguientes objetivos: preservar la zona arqueológica del Gran Pajatén, conservar una muestra representativa de los ecosistemas de los Andes nororientales y proteger especies en peligro de extinción como el mono choro de la cola amarilla.

Clave D

Pregunta 7

Respecto a la zona de amortiguamiento de un área natural protegida, indique la afirmación correcta.

A) Se ubican al interior del área natural protegida.
B) Es una región adyacente al área natural protegida.
C) Puede desarrollarse actividades no sostenibles.
D) Se reconocen las áreas de conservación pivadas.
E) El Estado promueve la explotación irracional de los recursos.

Resolución

La zona de amortiguamiento de un área natural protegida es adyacentes a él, por su naturaleza y ubicación requieren un tratamiento especial que garantice la conservación del área natural protegida. Las actividades realizadas en las zonas de amortiguamiento no deben poner en riesgo el cumplimiento de los fines del área natural protegida. Así en ellas se promueve el ecoturismo, la recuperación de hábitat, concesiones de conservación y de servicios ambientales entre otras.

Clave B

Pregunta 8

Las áreas protegidas reconocidas por la Unesco tienen la categoría de

A) zona reservada.
B) corredor ecológico.
C) parque nacional.
D) reserva de biósfera.
E) zona de amortiguamiento.

Resolución

Las reservas de biósfera son los ecosistemas terrestres o marinos, o una combinación de ambos, reconocidos internacionalmente por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco). En nuestro país han sido reconocidos 4 reservas de biósfera: Huascarán (Áncash), Manu (Madre de Dios y Cusco), Noroeste (Tumbes y Piura) y Oxapampa-Ashaninka-Yanesha (Pasco).

Clave D

Pregunta 9

Las áreas naturales protegidas se encuentran distribuidas en gran parte del territorio nacional. Indique aquella cuya ubicación geográfica corresponda a la Selva Baja.

A) Santuario Histórico de Machupicchu
B) Reserva Nacional de Calipuy
C) Parque Nacional Tingo María
D) Parque Nacional Yaguas
E) Parque Nacional del Río Abiseo

Resolución

El Parque Nacional Yaguas tiene como objetivo conservar la diversidad biológica, procesos ecológicos y formaciones geológicas existentes en la cuenca del río Yaguas que nace en la Selva Baja sin conexión a los Andes. Este parque nacional representa una importante fuente ictiológica para las poblaciones asentadas en la cuenca media y baja del río Putumayo.

Clave D

Lumbreras Editores

Preguntas propuestas

1. Respecto a la clasificación de los recursos naturales, correlacione ambas columnas.

   I. renovable aparente
   II. inagotable
   III. no renovable
   IV. renovable verdadero

   a. petróleo
   b. suelo
   c. chonta
   d. energía solar

   A) IIa, Ib, IIIc, IVd
   B) IIa, IIIb, IVc, Id
   C) IIIa, IVb, Ic, IId
   D) IIIa, Ib, IIc, IVd
   E) IIIa, Ib, IVc, IId

2. Respecto a los instrumentos para la conservación del recurso de flora y fauna nativa, indique el enunciado que no corresponde.

   A) control de la superpoblación
   B) uso sostenido de la biodiversidad
   C) introducción de especies exóticas
   D) creación de áreas naturales protegidas
   E) conservación del hábitat

3. Señale la alternativa correcta que corresponde al siguiente concepto: "Desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades".

   A) desarrollo macroregional
   B) desarrollo sostenible
   C) desarrollo descentralizado
   D) desarrollo de fronteras
   E) desarrollo de libre comercio

4. Respecto a los documentos suscritos de importancia ecológica mundial, relacione ambas columnas.

   I. Protocolo de Montreal
   II. Protocolo de Kioto
   III. Convenio de Diversidad Ecológica

   a. reducción de la emisión de gases de efecto invernadero
   b. firmado en la Cumbre de Río
   c. reducción de la producción y consumo de los CFC

   A) Ia, IIb, IIIc
   B) Ia, IIIb, IIc
   C) IIa, Ib, IIIc
   D) IIa, IIIb, Ic
   E) IIIa, IIb, Ic

5. Respecto al desarrollo sostenible, indique los enunciados correctos.

   I. Comprenden el ámbito ecológico, social y económico.
   II. Surge de los límites de la naturaleza a la explotación de los recursos.
   III. Surge de la necesidad de un modo de producción diferente al capitalismo.

   A) solo I
   B) solo II
   C) solo III
   D) I y II
   E) II y III

Lumbreras Editores

6. La unidad de conservación que protege, en forma de intangible, una especie o una comunidad determinada de plantas y/o animales, así como las formaciones naturales de interés científico y paisajístico es

A) el parque nacional.
B) la reserva nacional.
C) el santuario histórico.
D) el santuario nacional.
E) la reserva comunal.

7. El área natural protegida Allpahuayo-Mishana localizado en la región Loreto tiene como objetivo conservar la diversidad biológica y el hábitat de los bosques de varillal y chamizal sobre la arena blanca que pertenecen a la ecorregión del Napo, así como la de los bosques inundables aledaños de la cuenca del río Nanay. También protege parte de las fuentes de agua que abastecen a la ciudad de Iquitos y garantiza el aprovechamiento tradicional de los recursos naturales renovables por las comunidades asentadas en la zona, por lo cual es categorizada como

A) reserva nacional.
B) parque nacional.
C) santuario nacional.
D) santuario histórico.
E) zona reservada.

8. La reproducción en cautiverio ha permitido conservar especies en vía de extinción, como la pava aliblanca. A pesar del éxito de la campaña, la especie continua en peligro de extinción. La obtención de resultados más duraderos han requerido complementarse con

A) campañas masivas de divulgación sobre estos animales.
B) campañas educativas a fin de enseñar el valor ecológico de la especie.
C) la creación de zonas protegidas donde se prohíba la caza de estos especímenes.
D) leyes que permitan sancionar su captura.
E) incentivar la introducción de especies exóticas a su hábitat.

9. La creación de áreas naturales protegidas es un instrumento de gestión ambiental cuyo objetivo es

A) conservar la biodiversidad *in situ*.
B) disponer de áreas dedicadas al ecoturismo.
C) proteger la biodiversidad *ex situ*.
D) disponer de sitios exclusivos de recreación natural.
E) disponer de sitios destinados a la explotación irracional de recursos.

10. Indique en qué santuario nacional se halla un imponente bosque de piedras que ha sido erosionada durante milenios de años por el viento y las lluvias, además, en este bosque de piedra habitan especies de fauna como la vicuña, el venado de cola blanca, la vizcacha, el gato montés y el zorrino.

A) Machu Picchu
B) Chacamarca
C) Huayllay
D) Pacaya Samiria
E) Cutervo

11. Indique el área natural que está a la espera de una categorización adecuada, además, representa futuras ampliaciones de unidades de conservación ya existentes.

A) coto de caza
B) bosque de protección
C) zona reservada
D) santuario comunal
E) reserva comunal

Lumbreras Editores

12. El 8 de noviembre de 2015 se crea el Parque Nacional Sierra del Divisor, con el objetivo de proteger la diversidad biológica, geomorfológica y cultural de la única región montañosa en la Selva Baja. Respecto con el enunciado anterior, indique los enunciados incorrectos.

I. Brinda protección legal a comunidades nativas en situación de aislamiento voluntario.

II. Comprende zonas de la región Ucayali y Loreto.

III. Es un área natural protegida de uso directo.

A) solo I
B) I y II
C) I y III
D) II y III
E) I, II y III

13. La Puya Raimondi es una especie protegida en

A) la Reserva Nacional de Pacaya Samiria.
B) el Santuario Nacional de Calipuy.
C) el Parque Nacional Bahuaja Sonene.
D) la Reserva Nacional Salinas y Aguada Blanca.
E) el Parque Nacional del Río Abiseo.

14. La cadena montañosa conocida como "la bella durmiente", ubicada en el Parque Nacional de Tingo María, es apreciada como una silueta semejante a la de una mujer dormida. Su conservación se justifica por razones ..... entre otras.

A) estéticas
B) económicas
C) prácticas
D) artificiales
E) comerciales

15. Correlacione la reserva nacional con la finalidad de conservación que cumple el parque nacional.

I. Pampas Galeras
II. Calipuy
III. Titicaca
IV. Lachay
V. Pacaya Samiria

a. flora y fauna del lago y de la puna
b. ecosistema de lomas y desierto costero
c. recursos económicos como el paiche
d. poblaciones de vicuñas
e. relicto de guanacos

A) Ie, IId, IIIa, IVb, Vc
B) Id, IIc, IIIa, IVb, Ve
C) Ie, IIc, IIIa, IVb, Vd
D) Id, IIe, IIIa, IVb, Vc
E) Ie, IIb, IIIa, IVd, Vc

16. Señale el área natural protegida cuyo objetivo es proteger los bosques de neblina de la Ceja de Selva, Selva Alta y conservar especies de fauna silvestre en vías de extinción, además de proteger el complejo arqueológico del Gran Pajatén.

A) Parque Nacional del Manu
B) Reserva Nacional Pacaya - Samiria
C) Parque Nacional del Río Abiseo
D) Reserva Nacional Tambopata
E) Santuario Nacional de Calipuy

Lumbreras Editores
twitter.com/calapenshko

CLAVES
Preguntas propuestas

CAPÍTULO I

1	E	4	D	7	C	10	C	13	E	16	B	19	A
2	C	5	C	8	C	11	D	14	A	17	B	20	C
3	B	6	B	9	E	12	B	15	C	18	D		

CAPÍTULO II

1	B	5	C	9	B	13	D	17	C	21	C
2	C	6	D	10	D	14	A	18	A	22	B
3	B	7	B	11	B	15	D	19	C	23	A
4	C	8	B	12	C	16	A	20	B		

CAPÍTULO III

1	B	4	C	7	D	10	B	13	D	16	D
2	C	5	D	8	D	11	D	14	D		
3	E	6	D	9	C	12	D	15	C		

CAPÍTULO IV

1	A	4	C	7	B	10	C	13	D	16	A	19	D
2	A	5	E	8	C	11	D	14	C	17	C		
3	D	6	E	9	B	12	D	15	D	18	B		

CAPÍTULO V

1	C	4	E	7	B	10	E	13	A	16	A
2	E	5	B	8	D	11	C	14	D	17	C
3	B	6	D	9	A	12	B	15	C	18	A

CAPÍTULO VI

1	E	4	E	7	E	10	C	13	D	16	D
2	B	5	D	8	C	11	C	14	D		
3	C	6	E	9	C	12	C	15	C		

CAPÍTULO VII

1	C	4	C	7	D	10	C	13	A	16	C
2	D	5	C	8	C	11	D	14	C	17	C
3	B	6	B	9	B	12	D	15	A		

CAPÍTULO VIII

1	C	4	C	7	D	10	E	13	B	16	B	19	D
2	D	5	C	8	D	11	A	14	E	17	C		
3	C	6	B	9	E	12	B	15	B	18	B		

CAPÍTULO IX

1	D	4	C	7	B	10	C	13	B	16	A
2	B	5	D	8	D	11	D	14	B		
3	D	6	D	9	A	12	E	15	D		

CAPÍTULO X

1	C	4	E	7	C	10	E	13	E	16	B	19	C
2	E	5	C	8	D	11	B	14	B	17	D		
3	B	6	E	9	A	12	D	15	B	18	D		

CAPÍTULO XI

1	C	5	C	9	C	13	D	17	A	21	E	25	E
2	E	6	E	10	D	14	B	18	C	22	C		
3	B	7	D	11	D	15	E	19	B	23	A		
4	B	8	E	12	D	16	B	20	D	24	A		

CAPÍTULO XII

1	B	5	D	9	B	13	C	17	A	21	C
2	B	6	A	10	A	14	C	18	D	22	D
3	D	7	A	11	B	15	B	19	B	23	C
4	C	8	D	12	C	16	C	20	A		

CAPÍTULO XIII

1	B	4	D	7	B	10	A	13	C	16	D	19	D
2	A	5	A	8	C	11	B	14	C	17	D	20	B
3	D	6	A	9	C	12	A	15	A	18	C	21	D

CAPÍTULO XIV

1	C	4	B	7	B	10	E	13	E	16	B
2	E	5	C	8	A	11	C	14	C	17	C
3	B	6	D	9	C	12	E	15	A		

CAPÍTULO XV

1	C	4	E	7	D	10	D	13	D	16	B
2	E	5	D	8	B	11	C	14	B	17	C
3	A	6	E	9	B	12	C	15	D		

CAPÍTULO XVI

1	C	4	E	7	C	10	A	13	B	16	E	19	E
2	D	5	D	8	C	11	A	14	A	17	D	20	D
3	A	6	C	9	D	12	C	15	C	18	A		

CAPÍTULO XVII

1	B	4	E	7	D	10	A	13	D	16	C	19	B
2	E	5	B	8	D	11	D	14	D	17	E		
3	B	6	A	9	B	12	B	15	B	18	E		

CAPÍTULO XVIII

1	D	3	B	5	A	7	C	9	D
2	A	4	B	6	C	8	B	10	B

CAPÍTULO XIX

1	A	4	D	7	C	10	B	13	D	16	E
2	E	5	C	8	B	11	C	14	A	17	D
3	C	6	D	9	E	12	A	15	C	18	C

CAPÍTULO XX

1	B	3	D	5	B	7	A	9	D	11	C	13	C	15	D
2	C	4	E	6	D	8	B	10	C	12	D	14	E	16	D

CAPÍTULO XXI

1	C	4	C	7	D	10	C	13	B	16	C
2	D	5	E	8	D	11	C	14	B	17	E
3	B	6	B	9	E	12	E	15	B				

CAPÍTULO XXII

1	C	4	E	7	C	10	C	13	C	16	C
2	E	5	B	8	B	11	E	14	A	17	D
3	A	6	B	9	B	12	D	15	B	18	D

CAPÍTULO XXIII

1	B	4	D	7	E	10	A	13	B	16	A
2	D	5	A	8	D	11	B	14	A	17	A
3	B	6	C	9	B	12	C	15	B				

CAPÍTULO XXIV

1	C	4	A	7	A	10	D	13	D	16	A
2	C	5	A	8	C	11	C	14	C	17	C
3	C	6	C	9	D	12	C	15	C				

CAPÍTULO XXV

1	A	4	D	7	B	10	E	13	D	16	B	19	A
2	E	5	D	8	C	11	B	14	D	17	C		
3	B	6	E	9	A	12	C	15	C	18	B		

CAPÍTULO XXVI

1	C	4	C	7	A	10	D	13	B	16	E	19	B
2	B	5	C	8	B	11	C	14	C	17	C		
3	D	6	C	9	C	12	B	15	E	18	C		

CAPÍTULO XXVII

1	E	4	D	7	A	10	C	13	B	16	C
2	C	5	D	8	C	11	C	14	A				
3	B	6	D	9	A	12	B	15	D				

Bibliografía

MASON, Stephen F. *Historia de las ciencias*. Tomos I y II. Madrid: Alianza Editorial, 2012.

MAGNER, Lois N. *History of the Life Sciences*. New York: Ed. Marcel Dekker, INC, 2002.

LAIN, P. *Historia de la medicina*. Barcelona: Salvat Editores, S. A.,1978.

ALBERTS, Bruce *et al*. *Biología molecular de la célula*. Barcelona: Editorial Omega, 2010.

AVERS, Charlotte J. *Biología celular*. Madrid: Grupo Editorial Iberoamérica, 1999.

CAMPBELL Neil A. y Jane B. REECE. *Biología*. Madrid: Editorial Médica Panamericana, 2007.

CURTIS, Helena y Sue BARNES. *Invitación a la biología*. Madrid: Editorial Médica Panamericana, 1999.

KARP, Joseph. *Biología celular*. Boston: Editorial Mc Graw-Hill, 1999.

SOLOMON, Eldra; BERG, Linda y Diana MARTIN. *Biología*. México: Editorial Interamericana, Mc Graw-Hill, 1996.

BERG, Jeremy M.; TYMOCZKO, John L. y Lubert STRYER. *Bioquímica*. Barcelona: Editorial Reverte, 2008.

ESCASO SANTOS, Fernando; MARTÍNEZ GUITARTE, José Luis y María del Rosario PLANELLÓ CARRO. *Fundamentos básicos de fisiología vegetal y animal*. Madrid: Editorial Pearson, 2010.

FÈDUCHI CANOSA, Elena; BLASCO CASTIÑEYRA, Isabel; ROMERO MAGDALENA, Carlos Santiago y Esther YAÑEZ CONDE. *Bioquímica conceptos esenciales*. Madrid: Editoral Panamericana, 2014.

HORTON, H. Robert; MORAN, Laurence A.; SCRIMGEOUR K. Gray; PERRY, Marc D. y J. David RAWN. *Principios de bioquímica*. México: Editorial Pearson, 2008.

LAGUNA, José; PIÑA, Enrique; MARTINEZ MONTES, Federico; PARDO VÁSQUEZ, Juan Pablo y Héctor RIVEROS ROSAS. *Bioquímica de laguna*. México: Editorial Manual Moderno, 2013.

MADIGAN, Michael T.; MARTINKO, John M. y Jack PARKER. *Brock. Biología de los microorganismos*. Editorial Pearson, 2009.

MATHEWS, Christopher K.; VAN HOLDE, Kensal E. y Kevin G. AHERN. *Bioquímica*. Madrid: Editorial Pearson, 2013.

MURRAY, Robert K.; BENDER, David A.; BOTHAM, Kathleen M.; KENNELLY, Peter J.; RODWELL, Victor W. y P. Anthony WEIL. *Harper. Bioquímica ilustrada*. México: Editorial Mc Graw-Hill, 2013.

NELSON, David L. y Michael M. COX. *Lehninger: principios de bioquímica*. España: Ediciones Omega S.A., 2009.

ASOCIACIÓN FONDO DE INVESTIGADORES Y EDITORES. *Biología, una perspectiva evolutiva*. Lima: Editorial Lumbreras Editores, 2004.

SOLOMON, Eldra; BERG, linda; MARTIN, Diana y CLaude VILLE. *Biología*. México D.F.: Editorial Mc Graw-Hill, 1998.

KARP, Gerald. *Biología celular y molecular*. Mexico D.F.: Editorial Mc Graw-Hill interamericana, 2009.

ANGARITA MERCHÁN, Maritza; TORRES CAICEDO, María Inés y Andrea Katherine DÍAZ TORRES. "Técnicas de biología molecular en el desarrollo de la investigación. Revisión de la literatura", en *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, vol. 16, n.° 5. La Habana, 2017.

AUDESIRK, T.; AUDESIRK, G. y Bruce E. BYERS. *Biología: la vida en la tierra con fisiología*. México: Pearson, 2008.

BELLVER CAPELLA, Vicente. *Biotecnología 2.0: Las nuevas relaciones entre la biotecnología aplicada al ser humano y la sociedad*. Persona y Bioética, 2012.

GARCÍA, Miniet; SALOMÉ, Rocío y María Elena GONZÁLEZ FRAGUELA. "Terapia génica: perspectivas y consideraciones éticas en relación con su aplicación", en *Revista Habanera de Ciencias Médicas*. La Habana vol. 7, n.° 1, 2008.

JIMENO, A.; BALLESTEROS, M. y L. UGEDO. *Biología* 2. Grupo Promotor Santillana. 2009.

MADIGAN, Michael T. *Brock. Biología de los microorganismos*. Barcelona: Ediciones Omega, 1998.

CAMPBELL Neil A. y Jane B. Reece. *Biología*. Madrid: Editorial Médica Panamericana, 2007.

CALVA, G. y J. PÉREZ. "Cultivo de células y tejidos vegetales: Fuente de alimentos para el futuro", en *Revista Digital Universitaria*, vol. 6, n.° 11, 2005.

CURTIS, Helena. *Biología*. Madrid: Editorial Médica Panamericana, 2008.

SOLOMON, B. *Biologia*. España: Ediciones Mc Graw-Hill, 2010.

ASOCIACIÓN FONDO DE INVESTIGADORES Y EDITORES. *Historia de la humanidad, una visión desde el inicio al mundo actual*. Volumen I. Lima: Editorial Lumbreras Editores, 2010.

EDITORIAL SANTILLANA. *Historia universal. Origen de la humanidad, la prehistoria*. Lima, 2006.

CONTRERAS RAMOS, Atilano. *La sistemática, base del conocimiento de la biodiversidad*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. México, 2007.

RICKLEFS, R. E. *Invitación a la ecología: la economía de la naturaleza*. Madrid: Editorial Médica Panamericana, 1998.

KREBS, Charles. *Ecología: estudio de la distribución y la abundancia*. México D. F.: Editorial Harla, 1985.

ODUM, E. *Ecología*. México D. F.: Nueva Editorial Interamericana, 1972.

MARGALEF, R. *Ecología*. Barcelona: Ediciones Omega, S.A., 1975.

TYLER MILLER, G. *Ecología y medio ambiente*. México D. F.: Grupo Editorial Iberoamérica, 1994.

CAMPBELL, R. *Ecología microbiana*. México: Editorial Limusa, 1987.

CAMPBELL, B. *Ecología humana*. Barcelona: Salvat Editores S. A., 1988.

VARGAS MARCOS, F. "La contaminación ambiental como factor determinante de la salud", en *Revista Española de Salud Pública*. Madrid, 2005.

Publicaciones online

CAVAGNARI, Brian M. *Animales transgénicos: usos y limitaciones en la medicina del siglo XXI*. Archivos argentinos de pediatría. Disponible en <http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0325-00752010000400009&lng=es&tlng=es>.

CHUAIRE, L.; SÁNCHEZ, M. C. y M. L. FRANCO. *Clonación animal: avances y perspectivas*. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=28335209>.

CRÁMER, Paula y Norberto D. IUSEM. *Mitos y verdades del genoma humano*. Medicina (Buenos Aires). Disponible en <http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0025-76802013000400017&lng=es&tlng=es>.

DÍAZ FERNÁNDEZ, Usnavia y Annarli Olivia RODRÍGUEZ FERREIRO. *Aplicaciones de la biotecnología en el desarrollo de la medicina personalizada*. Disponible en <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30192016000500013&lng=es&tlng=es>.

GIONO, Luciana E. *CRISPR/Cas9 y la terapia génica*. Disponible en <http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0025-76802017000500009&lng=es&tlng=es>.

HERNÁNDEZ MOORE, Elizabeth; ÁLVAREZ VÁZQUEZ, Jorge y José Luis REGUERO MUÑOZ. *Proyecto genoma humano: un arma de doble filo*. Disponible en <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-81202001000100006&lng=es&tlng=es>.

JIMÉNEZ SÁNCHEZ, Gerardo. *El genoma humano. Implicaciones de la medicina genómica en México*. Disponible en <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0016-38132004000200033&lng=es&tlng=es>.

PALOMINO CAMARGO, Carolina y Yuniesky GONZÁLEZ MUÑOZ. "Técnicas moleculares para la detección e identificación de patógenos en alimentos: ventajas y limitaciones", en *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*. Disponible en <http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342014000300020&lng=es&tlng=es>.

REGUERO REZA, M. "10 años de la secuenciación del genoma humano: Encuentro entre el imaginario y la realidad", en *Revista Colombiana de Biotecnología*. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=77628609001>.

TAVIRA MONTALVÁN, C.; ORTEGA GARCÍA, A.; DÁVILA GONZÁLEZ, I.; ESTRADA MONDACA, S. y A. MENESES ACOSTA. "Alcances y perspectivas del cultivo de células animales en la biotecnología farmacéutica", en *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57912962006>.

REYES MÉNDEZ, Jorge Joel. *La célula: evolución y desarrollo de los sistemas celulares*. Disponible en <https://biologiadelacelula.files.wordpress.com/2008/03/capitulo_muestra1.pdf>.

SÁNCHEZ ZAVALETA, Carlos A. "Evolución del concepto de cambio climático y su impacto en la salud pública del Perú", en *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*. Disponible en <https://cambioclimaticoglobal.com>.

Referencias web

https://www.clarin.com/sociedad/inocente-medico-inspiro-fugitivo_0_S1qqBJJlnl.html

https://biologiadelacelula.files.wordpress.com/2008/03/capitulo_muestra1.pdf

https://www.encyclopedie-environnement.org/vivant/premiers-ecosystemes-terrestres/

http://dia.austral.edu.ar/Origen_de_la_vida

http://www.erthzel.com/pag4.htm

https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/cuanto-sabes-sobre-evolucion-humana_11558

https://www.muyinteresante.es/ciencia/articulo/el-definitivo-eslabon-perdido-de-los-primates

https://www.researchgate.net/publication/260363188_El_metodo_natural_de_clasificacion_y_los_caracteres_de_comparacion_universal_En_Contreras-Ramos_A_CuevasCardona_C_Goyenechea_I_y_U_Iturbe_2007_La_sistematica_base_del_conocimiento_d_ela_biodiversidadAgnam faccumet porupis autem

Autores por capítulos

Capítulo I - Reseña histórica (la ciencia biológica)	: Vásquez Pinedo, Roberto Justiniano
Capítulo II - Seres vivos, objeto de estudio de la biología	: Vásquez Pinedo, Roberto Justiniano
Capítulo III - Bioelementos	: Torres Rios, Elizabeth Encarnación
Capítulo IV - Biomoléculas	: Torres Rios, Elizabeth Encarnación
Capítulo V - Fundamentos de citología	: Huarez De La Cruz, Jhony
Capítulo VI - Transporte a través de membrana	: López Vega, Williams Ricardo
Capítulo VII - Nutrición y metabolismo celular	: Vásquez Pinedo, Roberto Justiniano
Capítulo VIII - Información genética celular	: López Vega, Williams Ricardo
Capítulo IX - Ciclo celular	: López Vega, Williams Ricardo
Capítulo X - Conceptos básicos de genética	: Cayetano Miranda, Alex Dante
Capítulo XI - Herencia mendeliana	: Çayetano Miranda, Alex Dante
Capítulo XII - Herencia posmendeliana	: Cayetano Miranda, Alex Dante
Capítulo XIII - Genética del sexo y humana	: Cayetano Miranda, Alex Dante
Capítulo XIV - Citogenética	: Cayetano Miranda, Alex Dante
Capítulo XV - Biotecnología e ingeniería genética	: Méndez Nina, Julio César
Capítulo XVI - Evolución de los seres vivos	: Puma Tinco, Luis Douglas
Capítulo XVII - Origen de la vida	: Puma Tinco, Luis Douglas
Capítulo XVIII - Historia de la vida	: Cáceres Rojas, Johnny Rodolfo
Capítulo XIX - Evolución humana	: Cáceres Rojas, Johnny Rodolfo
Capítulo XX - Conceptos básicos de taxonomía	: Cáceres Rojas, Johnny Rodolfo
Capítulo XXI - Sistemas de clasificación	: Cáceres Rojas, Johnny Rodolfo
Capítulo XXII - Conceptos básicos de ecología	: López Vega, Williams Ricardo
Capítulo XXIII - Población y comunidad	: López Vega, Williams Ricardo
Capítulo XXIV - Funcionamiento del ecosistema	: López Vega, Williams Ricardo
Capítulo XXV - Biodiversidad	: López Vega, Williams Ricardo
Capítulo XXVI - Deterioro de los ecosistemas	: López Vega, Williams Ricardo
Capítulo XXVII - Conservación de los ecosistemas	: López Vega, Williams Ricardo

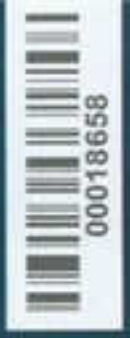
twitter.com/calapenshko

AGRADECIMIENTOS

Afined desea agradecer al equipo que participó en la presente publicación.

- **Cuidado de la edición:** Morales Llanos, Eliana Melani; Titto Pillco, Jhon Percy
- **Diagramación:** Cuadros Angeles, Katherine
- **Diseño de portada:** Saavedra Pisconte, Alex
- **Ilustración y retoque fotográfico:** Pacheco Quincho, Julián

twitter.com/calapenshko



Biología

Enfoque integral de la vida

La biología es una ciencia natural que se ha ido forjando a través del tiempo en una búsqueda permanente de comprender la vida y sus manifestaciones para transformarlas y adaptarlas a las necesidades del mundo y del hombre. La comprensión de la fisiología de plantas y animales ha sido vital en la domesticación de especies y actualmente en el mejoramiento genético; el descubrimiento de formas de vida microscópica y su fisiología tiene un impacto en la medicina; la comprensión de los procesos que implican el conocimiento de la información genética, a su vez, ha sido determinante para el desarrollo de la biotecnología y sus aplicaciones como la terapia génica, el mejoramiento genético en las plantas y los animales, entre otros. Además el deterioro de la biodiversidad, el agotamiento de recursos y la contaminación ambiental ha servido de impulso para el surgimiento de la ecología.

Biología: Enfoque integral de la vida se centra en el estudio de las entidades materiales altamente organizadas que son denominados seres vivos, y cuyas manifestaciones permiten su autoformación y autoconservación, tanto de su individuo como de su especie. Está escrito desde una concepción que busca contribuir a superar el enfoque idealista de la vida, con rigor en el análisis, objetividad en sus contenidos y originalidad de sus gráficos, cuadros sinópticos y preguntas. Todo esto hace del presente texto una obra distinta de las otras publicaciones conocidas en nuestro medio, que será de gran utilidad para quienes están interesados en la comprensión de la vida y sus manifestaciones.

Lumbreras.editores
www.elumbreras.com.pe

ISBN: 978-612-307-929-1